

土地利用からみた松山平野の陸域環境変遷

— GISによる100mグリッド解析(1905~1997年)—

堤 純*・加三千宣**・宮坂 仁**・大森浩二**・大西秀次郎***・武岡英隆**

*愛媛大学法文学部人文学科地理学教室

**愛媛大学沿岸環境科学研究センター(CMES)

***NPO水域生態系保全協会

1. 地理学における土地利用研究の潮流

環境は英語で「environment」である。この単語の語源は、'en'='in'(中に)と'viron'='round'(取り巻く)と'ment'(名詞接尾辞)であるから、周囲を取り巻くものすべてをさす用語である。日本では「環境」というと、とかく「自然環境」しか意味しないきらいがあるが、本来、「環境」には言うまでもなく、人間が作り出した「社会環境」や「経済環境」といった概念も含まれるはずである。欧米の文献の中にはしばしば social environment や economic environment といった用語も散見される。Bryant et al.(1982)は、都市域の土地利用変化というミクロな現象は、都市域を取り巻く自然環境や社会・経済環境の相互作用といった総合的な枠組みの中で、より広いスケールで捉えるべきであると主張している。

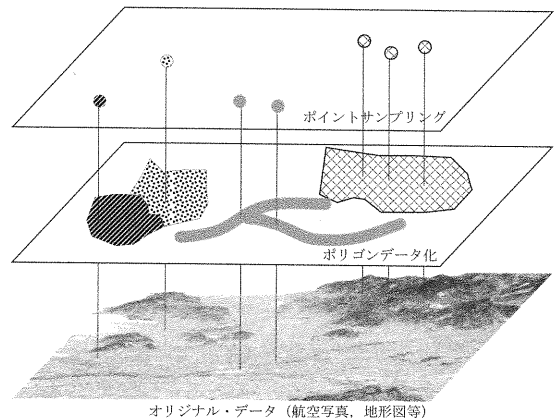
地理学の文献によれば、土地利用を研究する意義とは、まず土地利用図の作成による諸事象の空間的な把握にあり、あわせて歴史的推移、自然環境との関連、地域性、他地域との関連性等の検討によって生態的視点、経済的視点、歴史的視点から地域を多面的に理解することである(木内 1985)。土地利用のうち、歴史的にも長く面積的にも広く及んでいるのが食料生産のための農業的土地利用であるから、農業的土地利用とその変化を分析する研究は枚挙に暇がない。同時に、20世紀を通して急速に進んだ近代化・都市化の潮流に呼応して、工業的・商業的土地利用に焦点をあてた研究も多種多様な視点から研究の蓄積をみている。近年では地理情報システム¹⁾(以下、GIS)、とりわけパソコン版GISの急速な普及に伴い、土地利用図の作成方法、地図のスケール、各種主題図とのオーバーレイ、そして、隣接諸科学との連携等、土地利用研究は大きく様変わりしつつある(堤 2003)。

土地利用とその変化に着目した研究を概観すると、ミクロな視点からの研究が最も蓄積が多い。これらの研究では、概して1km四方あるいは数100m四方といった都市域全体からみれば比較的狭い事例地区を対象とする研究が多い。とりわけ、都市化に伴う農地の潰滅に関して、農地転用申請簿を用いた精緻な研究が蓄積され、農地の転用目的別・規模別・地目別・年代別・転用者の属性別等の観点から土地利用の変化が考察されてきた。日本の地方都市における工業化が著しく進展した1960年代から1970年代前半にかけては、土地利用の競合が工業用地と農地との間で問題となった。地方都市においては、工業化の初期の段階では、他地域(特

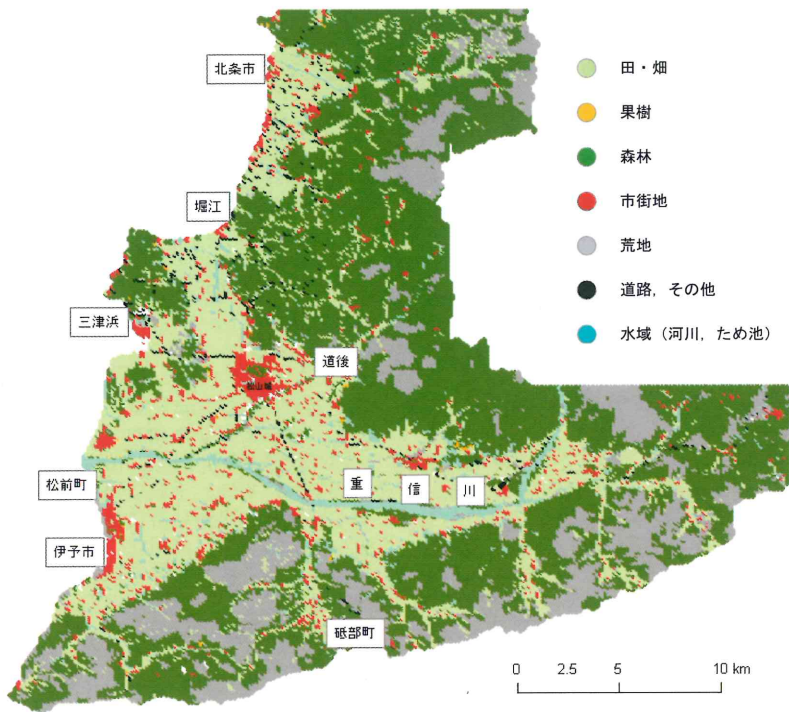
に大都市)の資本による工場地化の進展が土地利用を変化させる大きな原動力であった。

都市化研究の結実期といわれる1970年代後半以降(昭和50年代)では、工業に代わりサービス業従業者の比率が拡大し、土地利用に対しても大きな影響が及ぶようになってきた。例えば、行政機関や企業の管理部門を担う事務所機能の集積は、都市的土地利用の拡大や専門分化と密接な関連がある。事務所ビルに代表される中高層建築物の新規立地や移転は、都市内部の土地利用を大きく変貌させ、ひいては都市の内部構造の地域的な再編成をもたらした。高層化の進展に伴い、都市内部の土地利用は従来の平面的な機能分化に加えて垂直的(立体的)にも機能分化が進んだ。これらの研究は、換言すれば、土地利用の競合という観点から、より地価負担力の高い機能へと土地利用が転換されて行く過程を解明するものととらえることもできる。

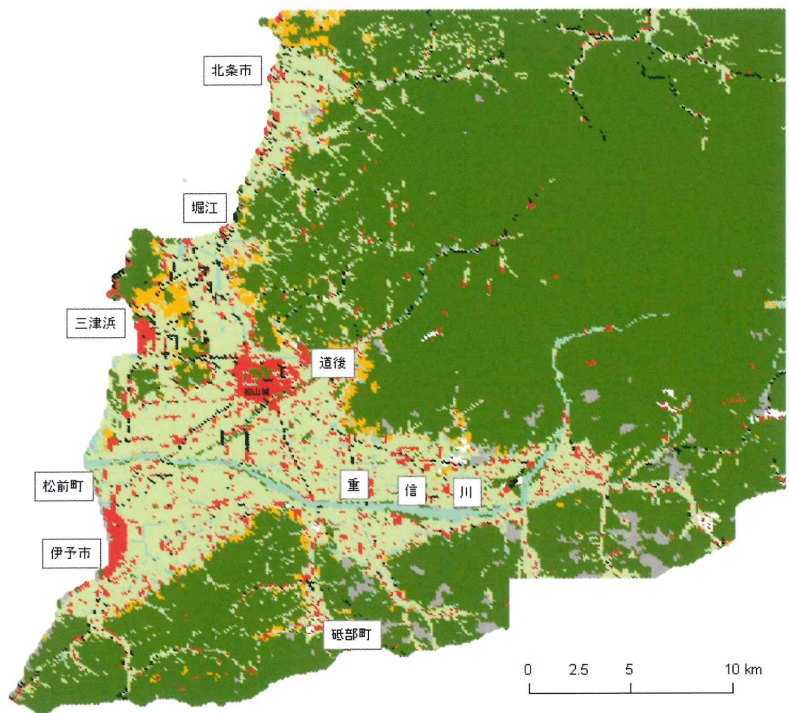
一方、行政区画にとらわれずに、市域や県域、あるいはそれ以上の広範囲を対象としてマクロ的な視点から客観的に土地利用を分析する研究も存在する。当該研究は、国土地理院発行の2万5千分の1,20万分の1土地利用図の整備や地形図の定期的な更新、航空写真の整備等に伴い、それらを基にメッシュ分析を行いやすくなったことを契機としている。さらに、標準地域メッシュによる統計データのデジタル化が1980年代以降に進むと、国土数値情報等の磁気化された大量のデータを用いて、土地利用の主要な組み合わせ、土地利用の変化傾向、土地利用と土地条件との関連等が分析さ



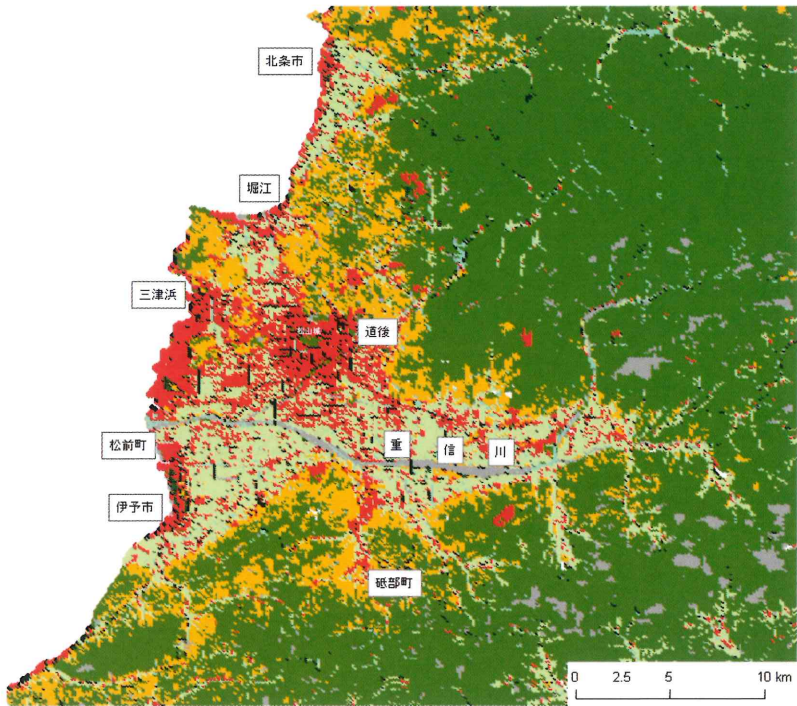
第1図 ポイント・サンプリングのイメージ



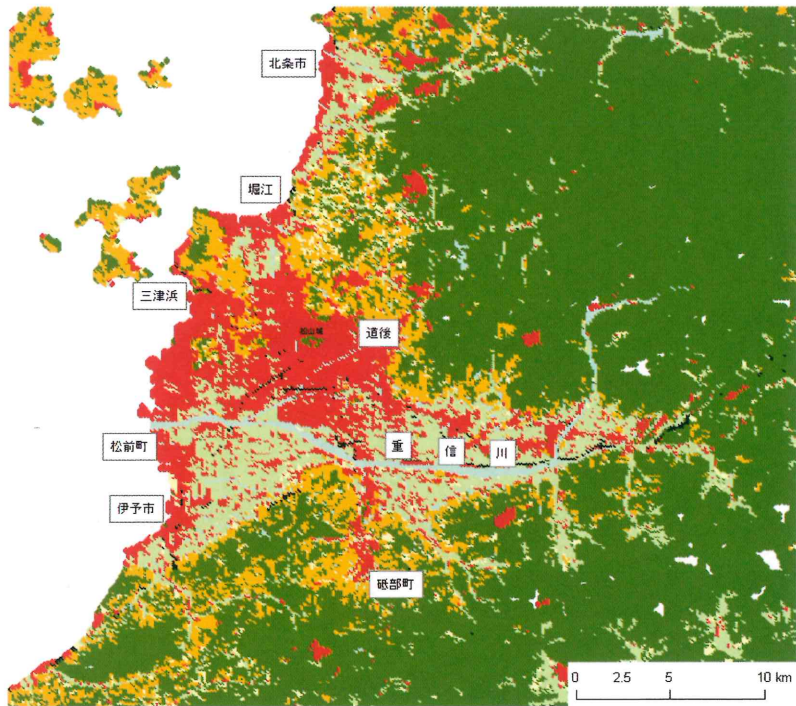
第2図 松山平野の土地利用 (1905年)
(1/25,000地形図をもとに作成)



第3図 松山平野の土地利用 (1928年)
凡例は第2図に同じ
(1/25,000地形図をもとに作成)



第4図 松山平野の土地利用（1970年）
凡例は第2図に同じ
（1/25,000地形図をもとに作成）



第5図 松山平野の土地利用（1997年）
凡例は第2図に同じ
（1/25,000地形図および松山市役所提供のデータをもとに作成）

第1表 松山平野における土地利用の地目別構成比（1905～1997年）

	1905	1928	1970	1997
田・畑	29.21%	27.39%	18.99%	19.06%
果樹・樹木作物	0.56%	3.09%	16.98%	13.68%
森林	46.11%	55.71%	43.14%	43.02%
市街地	4.53%	6.88%	15.15%	20.45%
河川・ため池	3.99%	3.67%	1.86%	2.99%
荒地	14.70%	2.38%	1.99%	0.79%
その他の利用	0.63%	0.51%	1.65%	0.00%
不明	0.27%	0.37%	0.23%	0.00%



第6図 愛媛のWebGIS ポータルページ
<http://www.gis.h.ehime-u.ac.jp/hp/gis/>

れた。また、土地利用図はそれだけですべてではなく、適切な統計値、解説、他の情報等と組み合わせる意義は大きい。空間データ基盤や各種地図画像のように、同一の基準で全国にわたって作成されたデジタル地図をGISソフトに取り込み、国土数値情報等の統計データと組み合わせることにより、以前よりも早く、しかも客観的、広域的に分析を進めることが可能である。加えて、土地利用分析に対するGISの効用は、単に時間的な効率性だけでは表しきれない利点もある。例えば、GISでは経緯度座標や公共測量系の座標値を各図面(テーマ)に付与することにより、対象範囲や縮尺、作成者の異なる各種の主題図を重ねて同時に表示したり、重なる部分を切り抜いたり、各種の検索を実行する等の作業を比較的容易に行うことができる。重ね合わせる主題図は地理学の方野内に留まらない。地形や地質等の自然条件、地価の分布等の経済条件、道路や区画整理等の都市計画上の条件等、多様な条件や分析スケールを組み合わせた学際的視点も有効である。いわば、このような「デジタル地図の標準化」が進むことにより、これまでは各自が別々に作成し、他者の主題図とは関連性を議論されることの少なかった主題図も、GISを「共通のプラットフォーム」として多様な観点から考察できる可能性が広がったといえる。

こうした地理学サイドからの土地利用研究の蓄積をふまえ、本稿は松山平野を対象に、GISを用いて明治期から現代に至る約100年間の土地利用変化を分析し、都市化の進展と農地の減少、それと同時に進行する果樹園の拡大等、「社会環境」や「経済環境」の視点から環境変遷の特徴を考察する。

2. 土地利用データの作成

本稿で分析の基本としたのは、松山市役所から入手した1997年の土地利用データである²⁾。このデータは航空写真から作成したポリゴンデータであった。しかし、この種のデータの質は元データの解像度に大きく規定されるため、スキヤニングによる読み取りデータをそのまま分析に採用するにはいくつか問題がある。また、比較対象とする他年次のデータの作成方法との整合性も考慮して、以下のようなサンプリング方法を採用した。

ArcGIS9を用いて、松山平野周辺の国土数値情報の3次メッシュ(約1km×1kmグリッド)内をさらに東西・南北方向にそれぞれ10等分した「1/10細分区画」ポリゴン(約100m×100mグリッド)を作成し、ArcGIS9に付属のスク립トを用いて各1/10細分区画ポリゴンの中心点からなるポイントシェープファイル(以下、100mグリッドポイント)を作成した。1997年のポリゴンの土地利用データと、100mグリッドポイントを用いてArcView3の空間結合機能を用いてオーバーレイした。この方法により1997年の土地利用情報をもった100mグリッドポイントが作成できた。これらのデータは約100m間隔にほぼ等間隔に並ぶ規則的な点で土地利用をサンプリングするようなイメージである。元データの作成時の読み取りエラー等の問題も、こうしたサンプリング方法を採用することで克服できる(第1図)。

比較対象となる1905(明治38)年頃、1928(昭和3)年頃、1970(昭和45)年頃の土地利用データについては、各年次の1/25,000地形図³⁾を用意し、それらを大

型スキヤナで読み取った電子データ(tiff画像)に対して緯度経度座標を付与し、ArcGIS9上で表示できるようにした。各年次とも、画面上に表示した地形図をもとに、マウスを用いた手入力で土地利用のポリゴンを作成した。作成したポリゴン土地利用データと100mグリッドポイントを空間結合させ、それぞれの年次の土地利用データ(各年次の100mグリッドポイント)を作成した。

3. 100mグリッドポイントの土地利用

1) 1905(明治38)年

今から約百年以上前、明治後期の頃の松山平野の土地利用はどのようなものであっただろうか。明治期作成の1/25,000地形図をもとに復元した1905年頃の松山平野の土地利用を第2図に示した。なお、図の北東部、石手川上流部については当時の地形図が存在しないためデータを作成できなかった。この図によれば、平野の中には大小多くの集落が点在し、集落の周囲は水田が取り囲み、山地は一面の森林で覆われるという、シンプルな土地利用のパターンが見て取れる。また、森林内に多くの荒地が存在することがわかる。これは、当時まだ炭焼きが盛んに行われていたことから、炭生産のための開墾地とその作業場所が広く分布していたことが考えられる。

当時の人々の交通手段は徒歩が中心であり、彼らの日常的な行動範囲は自ずと限られていた。松山平野は重信川の扇状地上に立地することから、伏流水を利用した井戸が発達し、集落は一定の距離をおいて分布する典型的な散村のパターンを示していた。

2) 1928(昭和3)年

この時期になると、松山城周辺の都市化が著しく進んだこと、および果樹園の増加が特徴として挙げられる(第3図)。散村の集落パターンは基本的に残りつつも、図中に赤で示した市街地が確実に増加している。また、三津浜や伊予市等の臨海部で都市化の進展が早いことが見て取れる。石手川以北で松山城から三津浜に至る一帯は、人口密度が高く都市化の進展や果樹園の増加も著しいことがわかる。明治期の松山平野の都市化は、かつての城下町の範囲を核として、港をもつ三津浜を結んだ石手川北部において先行的に進んだことがわかる。石手川以南はまだ農地が広く残っており、北部の都市化と好対照をなしている。

3) 1970(昭和45)年

この時期は、急速な都市化とアーバン・スプロールの問題が深刻化した(第4図)。明治期にみられたシンプルな土地利用パターン、すなわち平野は散村形態の集落と水田、山地は森林と若干の果樹という土地利用のパターンはもはや存在しない。集落は平野内に無秩序に拡大したことがわかる。また、山麓部分はほぼすべて果樹に覆われている。愛媛県内の柑橘類の作付面積は高度成長期のこの頃が最大の面積を示すといわれるが、この図からは果樹園も山麓部に無秩序に拡大していった様子がわかる。

4) 1997年

この図が松山平野の最新の土地利用図である。住宅や商業機能は平野全域に膨張し、かつての水田や野菜畑の場所を次々と呑み込んでいった(第5図)。石手川以北の平野は、この図で見る限り殆どが都市化されつ

くしており、市街地の膨張は石手川を越えて重信川近くまで達している。果樹園は1970年頃と比べると若干減少したものの、依然として山麓部分の代表的な土地利用である。

5) 土地利用変化の傾向

第1表は、各年次の土地利用の地目別割合を示している。各年次を比較できるように、グリッドポイント数が最も少なかった1905年(明治38)の範囲(全51,248グリッドポイント)を対象に、各年次の土地利用の地目別割合を集計した。

1905年には約30%を占めていた田畑は徐々に面積を減らし、1997年では20%を切る水準となった。この間、市街地の面積は約4倍に増加し、果樹園の面積も急増した。果樹園の面積が最大となった1970年頃には、果樹園と田畑の面積がほぼ拮抗する水準に達した。山地の部分は1905年には森林と荒地であったが、1928年にかけて炭焼きの減少とともに森林面積が一時は増加した。しかし、集落に近い山麓部を中心に果樹園が急増した結果、森林面積は再び減少し、1970年、1997年とも43%程である⁴⁾。

4. 環境情報とWebGIS—むすびにかえて—

モータリゼーション後の社会では人々のモビリティが高まり、自動車さえあればどこへでも行けるようになった。さらに、経済の高度成長とともに換金作物の栽培が急増し、かつての山林は柑橘類の畑へと変貌した。経済のグローバル化が進展することで、一所にいながらにして世界中の農産物や工業製品が入手できるようになった。その便利さの一方で、我々の社会環境や経済環境は大きく変わり、その結果地域の自然環境は大きく変わってしまった。かくも大量に出現した柑橘類の畑は、土地利用上は農業であるが、環境負荷という視点からみれば大きな「人為的インパクト」である。全国流通のための大量生産は同時に大量の農薬使用をもたらす。その結果として起こる富栄養化の問題は、自然環境の問題であると同時に、「環境に優しくない」我々のライフスタイルそのものへの自然界からの警鐘ととらえるべきものである。

今回作成した土地利用図自体は地形図の情報をベースにしていることから、従来行われていた土地利用分析と何ら差はないとの批判もあろう。しかし、GISを用いて標準的なフォーマットで各図を作成したことにより、今後のデータ蓄積やインターネット上での情報公開には格段の進歩が期待できる。例えば、本稿の分析では約100年間にわたる土地利用変化について、松山平野全域の値を集計して概観したが、同じデータから任意の地域のみを取りあげ(例:石手川流域、砥部町周辺等)、より詳細な分析を展開することも可能である。また、1段上の空間スケール(国土数値情報3次メッシュ)で地目別の再集計を行えば、平野全体の土地利用変化の傾向をより視覚的に把握することができる。これらの例が示す通り、GISを用いて作図した地図は目的に応じて再利用が可能であるほか、経年的なデータの蓄積を続ければ、それらは新たな分析の材料を提供してくれる。

地理学の視点から作成した松山平野の土地利用図は、生態学的な環境変遷の分析にも有効である。柑橘類の果樹園増加の著しい地域を抽出し、その場所での特定

の生物の生態を分析したり、人間活動と環境破壊の因果関係を考察する際にも重要なデータを提供しうる。GISは単なる地図表示ツールではなく、こうしたデータの蓄積とデータベース化、およびそれらの解析や再利用の幅が広い図に大きな特徴がある。

本稿で作成した地図は、愛媛のWebGISポータルページ(第6図)の環境マップの項においても公開中である(<http://www.gis.h.ehime-u.ac.jp/hp/gis/>)。当該ページには閲覧・操作方法のヘルプが掲載されているので、詳細はそちらを参照されたい。

[付記] 本論文で分析に用いたデータの作成・整理には松田広江さんと岩本奈美さんをはじめとする皆さんに骨の折れる作業を引き受けていただきました。以上記して感謝申し上げます。

注

- 1) GISは、コンピュータに取り込んだ地図や属性データを効率的に蓄積・検索・変換して、地図出力や空間解析、さらには意思決定の支援ができるように設計されたツールである(高阪・村山 2001)。この説明を補足すると、GISとは既存のデータベース(属性データベース)の情報をもとに、コンピュータ・マッピング(デジタル地図)を制御する仕組みである。換言すれば、「場所に関する情報」をあらゆる視点から蓄積し、それらの情報を一定のルールのもとに地図化するためのシステムである(堤 2006)。
- 2) 松山市水資源担当部からデータを入手した。
- 3) 使用した1/25,000地形図(1970年頃の一部は1/25,000土地利用図を採用)は、南から「上灘」「砥部」「石墨山」「郡中」「松山南部」「伊予川内」(旧「川上」)「三津浜」「松山北部」「東三方ヶ森」「伊予北条」「鈍川」の11図幅である。なお、各図幅の更新日は平野内の11図幅で若干の(1~2年)差が生じるケースが散見されるが、各年次で最も更新の集中する年次を代表年として扱った。また、1928年の三津浜図幅については、同時期の1/25,000地形図が存在しないため、1928年発行の1/50,000地形図「三津浜」から1/25,000地形図の該当部分だけを代替して分析に用いた。
- 4) 第1表のデータは4年次間の比較を行う観点から、(1905年当時にデータがなかった)北東部の山林部分を除外してある。除外された部分には多くの森林が含まれるため、実際には、松山平野全域の森林面積は今回の計測値(約43%)よりは多いものと考えられる。

参考文献

- 木内信蔵 1968、『人文地理』古今書院、189p。
 高阪宏行・村山祐司編 2001、『GIS—地理学への貢献』古今書院。
 堤 純 2003、『個人・法人の意思決定からみた都市の土地利用』(高橋伸夫編『21世紀の人文地理学展望』古今書院) pp.294-304。
 堤 純 2006、『地域創成の手法としてのWebGIS—愛媛大学における文系からのアプローチの例—』[四国のかたちを考える—四国の再評価と地域活性化—](印刷中)。
 Bryant, C.R., Russwurm, A.G., and McLellan, A.G. (1982): The city's countryside, land and its management in the rural-urban fringe. Longmans, London, 249p.