

100年前の土地利用図の作成および地表空間 の立体的定量化方法の開発

九州大学大学院 工学研究院建設デザイン部門
教授 江崎 哲郎（代表）
助教授 池見 洋明

平成19年9月

目次

1. はじめに.....	2
1.1. 研究の背景	2
1.2. 研究の目的と方法.....	3
2. 研究対象.....	4
2.1. 研究対象地域.....	4
2.2. 研究対象時代.....	6
3. 土地利用図の作成	7
3.1. 土地利用図の現状.....	7
3.2. 国土数値情報による土地利用図	7
3.2.1. 土地利用数値地図の整備状況	7
3.2.2. GIS データへの変換.....	8
3.3. 旧版地形図からの土地利用図.....	13
3.3.1. 旧版地形図（1900年および1950年の地形図）	13
3.3.2. 土地利用区分の検討.....	13
3.3.3. 土地利用の抽出.....	16
4. 立体空間の定量化手法の検討	23
4.1 可視領域の立体角計算スクリプトの開発	23
4.2 研究対象地域の立体角データベースの作成	24
5. まとめ.....	28
参考資料	29
付録資料	
付録資料 1	
付録資料 2	
付録資料 3	

1. はじめに

1.1. 研究の背景

持続可能な開発が地球環境問題に対処するための基本原則であるという認識は定着しつつあり、社会的、経済的、環境的に持続的な発展を目指して、各種事業において地球環境にやさしい資源利用、エネルギー負荷の軽減などが進められている。1992年リオデジャネイロの地球サミット「アジェンダ21」や1996年のローマクラブの新レポートにおいても、全ての基本的な資源は持続する方法で管理すべきとしており、この資源については当然土地も含まれる。1996年イスタンブールでのUNOサミット「ハビタットII」では、2015年には世界の3人に2人が都市に住むようになると予測しており、都市の土地利用の持続的管理が今後注目されるといわれている。

20世紀、我が国では工業化の進展にともなって、広大な土地の開発が行われた。産業立地や住宅などの開発によって自然の森林や農用地が失われ、海岸は次々に埋め立てられた。一方で、広大な用地が放棄され荒廃地となっている。これら双方の傾向は、産業構造の変化や都市の拡大に伴い現在も続いている。毎年わずかながら減少しているものの、2000年には2万2000haの農用地が都市的土地利用として開発されている。また、例えば工場跡地、未利用の埋立地のほか、旧産炭地域における炭鉱施設跡地やぼた山などは典型的な放棄された産業用地である。またバブル崩壊後、景気は回復基調にある中で、収益不動産への投資の活発化や都市再生の進展などにより一部地域では活発な動きがみられるものの、地方圏を中心に土地需要が総じて低迷しており、依然として地方都市部の低・未利用地は土地利用上の問題となっている。

土地は有限な資源であり、有効に利用されなければならない。また自然環境からもこれらの土地の再生利用は重要な課題である。そのためには、まずそれらの土地がどのような利用をされてきたか、土地の持つ経歴を知ることが重要であるにもかかわらず、空間的、時間的に把握されていないのが現状である。例えば、国土交通省による日本全国の土地利用数値地図は最も古いものでも1976年のものでしかない。このため、それ以前の土地利用やその変遷について数値解析的な処理を行い調べることができない状況にある。また、これまで土地利用の変遷は2次元の平面的モデルで解析される場合が多く、より現実世界に近い3次元のモデルで考察されている例はない。

1.2. 研究の目的と方法

本研究では、全国的レベルで古い土地利用が把握できる可能性として 1900 年代に初めて全国統一的に整備された 5 万分の 1 地形図、戦後の 1950 年代に大幅に改定された同図をもとに、地理情報システム (GIS) を用いて 100 年前、50 年前の 100m メッシュの土地利用図の作製の手順を開発する。次に、この土地利用メッシュとデジタル標高モデル (DEM) また都市地域で整備された建物の GIS データを用いて、これを立体化し、地表の任意の地点から可視できる空間の数量を立体角 (ステラジアン) を用いて定量化し、任意地点からみた立体的数量を求めて、土地の自然空間量、人工物の空間量を得る方法を確認する。この 2 つの方法の確認によって過去 100 年にわたる土地利用と地表空間の変遷を求めて、国土利用計画、都市計画をはじめ自然や都市の再生、景観計画、防災、さらには快適な自然立体空間量、人工立体空間量の概念を確認して、真に豊かな社会資本整備の高度な支援を目指す。

2. 研究対象

2.1. 研究対象地域

研究対象地域は福岡県（約 4974km²）の範囲とした（図 1）。当該地域は、九州の東北端に位置し（東経 131° 11' ~ 129° 59', 北緯 33° 00' ~ 34° 15'）、三方は玄界灘、響灘、周防灘、有明海に面しており、筑紫山地、脊振山地、耳納山地などの山地とその間を流れる筑後川、矢部川、遠賀川、山国川などの河川が分布する。また当該地域は、戦後大規模な都市化がみられる福岡地区および北九州地区、古くからの田畑が残っている筑後地区、炭鉱の開発や閉山に伴う土地利用の変化が激しかった筑豊地区を有しており、大都市、農村など対比しやすいエリアである。

福岡地区は、福岡市と春日市や大野城市、糟屋郡などの周辺市町を含む。福岡市は明治期には 5 万人ほどの人口で、博多部など一部の市街地以外は平野部は水田が、丘陵部は森林が広がっていた。しかし、1950 年には 40 万人、さらに現在は 130 万人を超えるまでに人口が増加しており、それにとまって都市的土地利用も急激に増加した。特に戦後の高度経済成長期以降都市部への人口集中は大変激しく、都市化にとまらぬ開発が一気に進行した。

筑後地区は、久留米市から三潞郡、山門郡などにかけての筑後平野一帯とした。この地区は現在、福岡県の農業粗生産額の 3 分の 1 を占める県内第一の農業地域で、福岡県から平野地域の水田型農業地域に指定されている。筑後平野は筑後川からの灌漑によって古くから水田の広がる平野で、有明海の干拓を除けば特に大きな開発を経ることなく現在も田園地域として残っている。

筑豊地区は、直方市、飯塚市、田川市にかけた遠賀川流域の、産炭地域振興臨時措置法によっていわゆる 6 条地域に指定されている地域とした。この地区はかつては遠賀川に沿って水田の広がる田園地域だったが、明治時代以降に石炭採掘が行われ、戦中から 1960 年頃に最も盛んに採炭された。ピーク時には、この地区だけで我が国の石炭産出量の 34% を産出し、10 万人を超える炭鉱労働者が従事した。その後、海外の安く良質な石炭の流入やエネルギー革命によって炭鉱は次々と閉山され、現在も地域経済・社会は深刻な状況にあり、さらに膨大な量の鉱害や荒廃した炭鉱住宅、ぼた山や炭鉱施設跡地が放置され、それらの土地の再生が課題になっている。このため国は、産炭地域振興臨時措置法などのいわゆる石炭 6 法によって筑豊地区を含めた旧産炭地域の振興を図るなどの対策をとったが、現在もそれらの問題は解決されないままになっている。

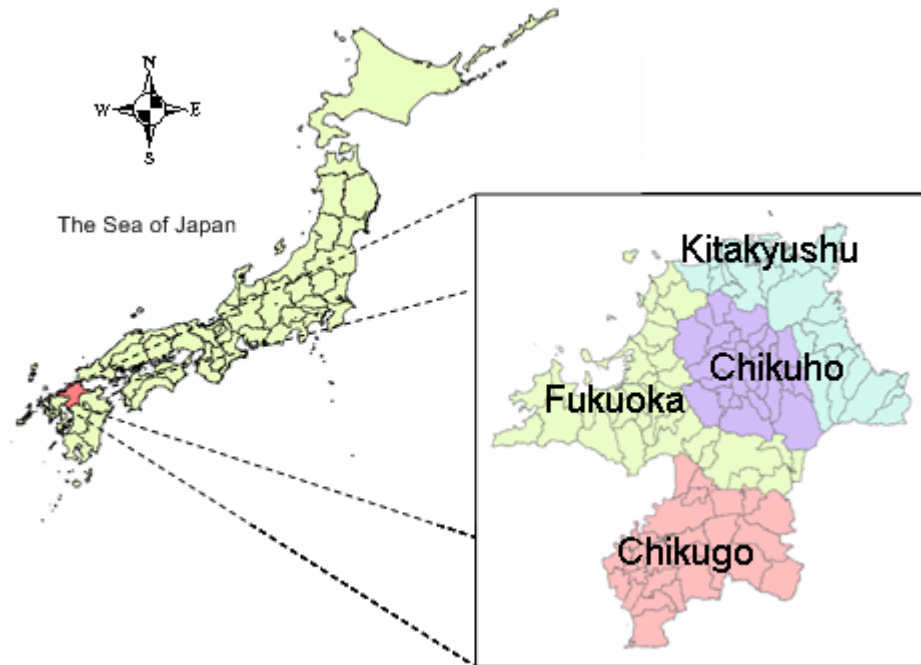


図1 研究対象地域(福岡県)の位置

面積約 4,974km², 人口 5,049,908 人(2005 年国勢調査より).

2.2. 研究対象時代

時代の選定にあたっては、開発による土地利用の変化が期待でき、かつ入手できる旧版地形図¹や数値データの年代を参考にして1900年、1950年、1976年、1997年の4つの時代に決定した。

1900年は明治33年にあたり、富国強兵、殖産興業の政策のもと政府による近代化すなわち開発が始まった時期にあたる。しかし、鉄道の敷設や1901年の官営八幡製鉄所の創業のほかには福岡県内には大きな動きは無く、まだ未開発のままそれまでの姿をとどめている時代である。また、入手できる旧版地形図で最も古い年代である。

1950年は、終戦後間もない時期にあたり、人口は1900年の4400万人から8400万人へと倍増しており、大正、昭和と戦前、戦中の半世紀にわたる期間の開発を経た区切りにあたる。また、この年からはこれから訪れる高度経済成長前の土地利用を知ることができる。この時期は、アメリカ軍の撮影した空中写真をもとに作成された、

1976年は、オイルショックを経て戦後の高度経済成長期を終えた時期で、都市への人口集中や公害など大規模な開発に伴うひずみが顕在化した時代である。国内の人口は1億1000万人を超え、主要都市では激しい人口増加が起きていた。また、このころにはすでに石炭から石油へのエネルギー革命が行き渡っており、それにともない国内の炭鉱は次々と閉山していった時期でもある。国土交通省の土地利用数値情報はこの年から公開されている。

1997年は現在の土地利用として、国土交通省の土地利用数値情報の最新のものを採用することにした。これによって高度経済成長が終わってからの土地利用の変化を知ることができる。1976年からは人口は1000万人程度しか増加していないが、都市への人口の集中は一層進んでいるものと考えられる。

3. 土地利用図の作成

3.1. 土地利用図の現状

土地が何に利用されているかを、ある時点において表した地図が土地利用図である。戦後の土地利用図の始まりは1947年の「80万分の1国土実態図・土地利用」である。続いて20万分の1の縮尺のものが企画されたが、国土総合開発法の制定、実施に伴い、必要かつ有効な縮尺として1953年には5万分の1の土地利用図が作られるようになった。1967年には前節で述べたような都市の土地利用が大きくクローズアップされることとなったため、都市地域の土地利用区分が8区分から15区分になり、都市機能がより詳細に表現されるようになった。この頃の作成方法は国土地理院の5万分の1地形図の地類を色分けして編集されたもので、後には1961年から始まった国土基本事業で撮影された空中写真が活用されるようになった。1973年には2万5000分の1土地利用図の作成が始められ、改良を重ねて現在に至っている。

しかし、ここで述べた土地利用図とはすべて紙面上に描かれた紙地図で数値データとして情報化されていない。国土交通省が数値情報化している全国規模の土地利用図は1976年、1987年、1991年、1997年の4つだけしかなく、特に最も古いものでも1976年のデータであるのが現状である。このため、GISを利用した土地利用の分析を行おうとする場合、これら4つの時代の土地利用についてしかできないことになる。国土交通省は国土に関する基礎的な情報の整備、利用等を行う国土情報整備事業を行っており、地形、土地利用、公共施設、道路、鉄道など国土に関するさまざまな地理的情報を数値化して国土数値情報としている。しかし、過去のデータを数値情報化する作業はまだ行われていない状況にある。

3.2. 国土数値情報による土地利用図

3.2.1. 土地利用数値地図の整備状況

国土交通省では、国土に関する基礎的な情報の整備、利用等を行う国土情報整備事業を行っており、地形、土地利用、公共施設、道路、鉄道など国土に関する様々な地理的情報を数値化して国土数値情報としてインターネットを介して無償提供をしている。この国土数値情報は、項目ごと地域ごとにZIP形式の圧縮ファイルで配布され、このファイルはデータファイル、メタデータファイル、フォーマットファイルの3つのテキストファイルから構成されている。データファイルは、国土の自然的、社会的、文化的諸条件を、その地理的位置とともに数値化したデジタルデータで、メタデータ

は、空間データ（地理情報）の所在、内容、品質、利用条件等を記述したデータを指した「情報を利用するために必要な情報」が記述されたデータファイルをいう。フォーマットファイルは、国土数値情報データファイルのファイルレイアウトおよびデータ項目のコードに関する情報を記述したファイルである。

本研究で使用する土地関連項目の「土地利用メッシュ」は標準地域メッシュ 3 次メッシュ（基準地域メッシュ）の 1/10 細分メッシュ情報として、1976 年、1987 年、1991 年、1997 年のデータが公開されている。1976 年、1987 年のデータは国土地理院発行の 2 万 5000 分の 1 地形図をもとにして作られており、1991 年、1997 年のデータはランドサットからの衛星写真を原資料としている。

3.2.2. GIS データへの変換

標準地域メッシュとは、全国的な規模で数値情報を整備する目的で一定間隔の経緯線によって地域を分割する方法のひとつであり、主に第 1 次、第 2 次、第 3 次地域区画メッシュ分割が利用される。

- 第 1 次地域区画メッシュ（1 次メッシュ）

経度 1° 緯度 40 分ごとに分割したメッシュ。1/200000 地勢図の通常区画に相当。メッシュ番号は緯度の 1.5 倍の数字、西端経度の下 2 桁の数字の 4 桁がメッシュコードとして表される。

- 第 2 次地域区画メッシュ（2 次メッシュ）

1 次メッシュを緯経方向に 8 等分し、左下から 0～7 の数字を割り当てて分割したメッシュ。メッシュコードは 1 次メッシュの番号に続き、緯番号、経番号をつけ、4 桁・2 桁であらわされる。

- 第 3 次地域区画メッシュ（3 次メッシュ）

2 次メッシュを緯経 10 等分したメッシュであり、番号は上の二つに続いて 2 桁の緯経番号を与える。一辺約 1 km、面積約 1 km² となっている。

今回使用する国土数値情報の土地関連項目の「土地利用メッシュ」データは、3 次メッシュを区分に使用し、各レコードには 3 次メッシュコード、3 次メッシュの土地利用面積、さらに 3 次メッシュを 1/10 細分したメッシュ（一辺約 100m）の土地利用コードが 100 個配列している。そのため 1/10 細分メッシュの土地利用数値地図を作成するには、テキスト形式で記述された各レコードの土地利用コードを位置情報とともに 100 のレコードに細分して、GIS データに変換する作業が必要となる。次に 1976 年、1997 年の土地利用数値地図の作成手順を説明する。

① 国土数値情報「土地利用メッシュ」データの入手

国交省のサイト「国土数値情報ダウンロードサービス」²より該当地区の土地利用メッシュデータをダウンロードし、1次メッシュ毎に必要なデータを集計することとした。例えば、1次メッシュコード4930の場合、2次メッシュコード00から07までは、00から03を長崎県、04から07を熊本県から集計する。一つの3次メッシュにつき、100の土地利用データが含まれ、2次メッシュ内に100の3次メッシュ、1次メッシュ内に64の2次メッシュが含まれている。よって、合計で一つの1次メッシュ内に6万4000の土地利用データが含まれていることになる(図2)。

② データの変換

ダウンロードした1次メッシュのデータをGISソフトで読み込めるGISデータへ変換する。GISデータとは、点、線、領域で表現させる地物とその属性情報によるレコードから構成されるデータである。ダウンロードした「土地利用メッシュ」データは、1レコードが3次メッシュでの土地利用面積とそのメッシュを1/10に細分した100個の土地利用コードから構成されるテキスト形式のデータであるため、まずは、1/10細分メッシュ毎にメッシュコードと00から99までの2桁の数値で表現した土地利用コードのレコードからなるテキストデータに変換するスクリプトを開発した。

③ GISデータの作成

②のスクリプトによって作成したデータをGISデータに変換する。本研究では、ESRI社製ArcGIS 9を使用しているので、GISデータとしてはシェープファイルがベースとなる。この変換には、既成のESRI社製数値地図変換ツールを用いた。

以上の方法で作成した土地利用図は、1976年は15種類、1997年は11種類の土地利用区分を持っており、旧版地形図から作成する土地利用図と比較できるように土地利用区分を数値データに置き換えて、旧版地形図からの土地利用図にあわせた土地利用区分にした。図3、図4にそれぞれ旧版地形図での土地利用区分に荒地を加えた1976年および1997年の土地利用図を示す。

なお1997年の土地利用図に関しては、全国のデータを国土数値情報から整備し、九州大学環境システム科学センターの運営するGISデータポータルサイト³から無償提供を行なっている。

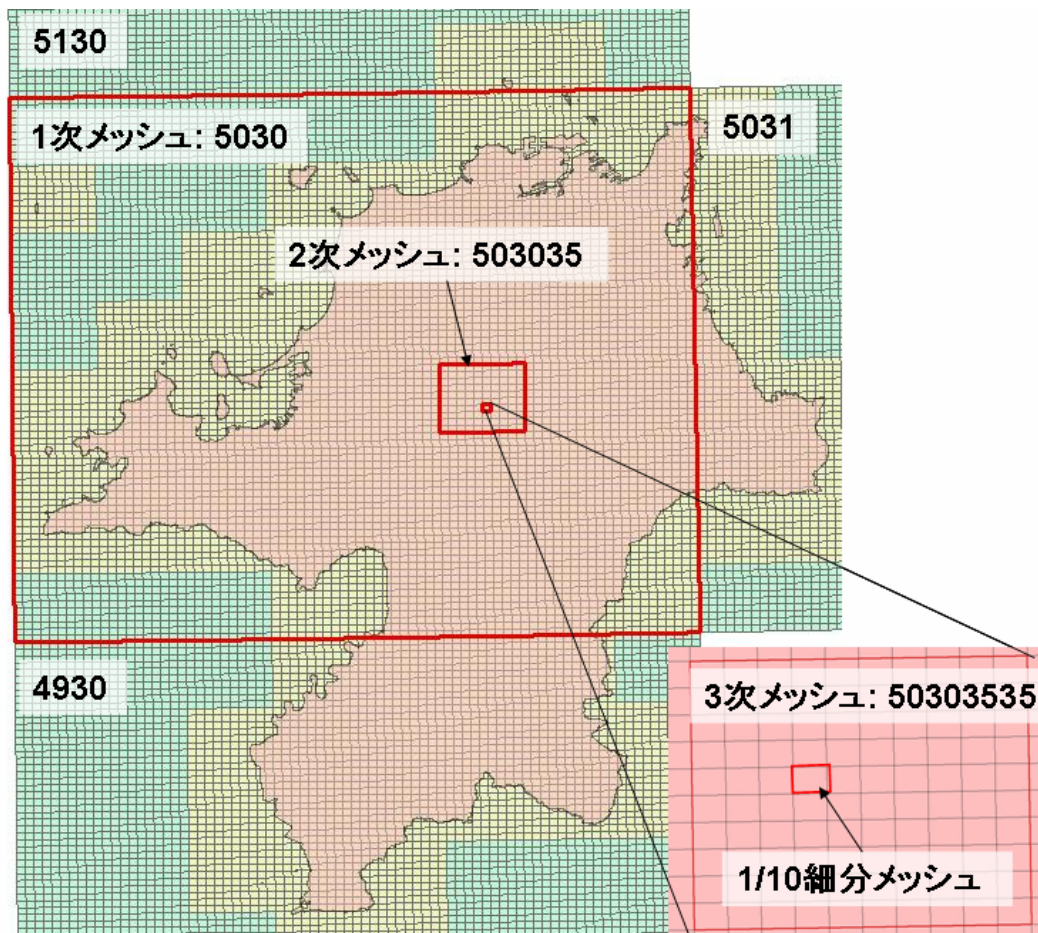


図2 研究対象地域の標準地域メッシュ

福岡県を含む1次メッシュは北から5130, 5030, 5031, 4930の4つであり, 全てのメッシュコードの上4桁はこの数字からなる. 本研究で作成する土地利用図は1/10細分メッシュコードを共通キーとして, 各時代の土地利用コードおよび立体角それぞれの値とのリレーショナルデータベースとして構築した.

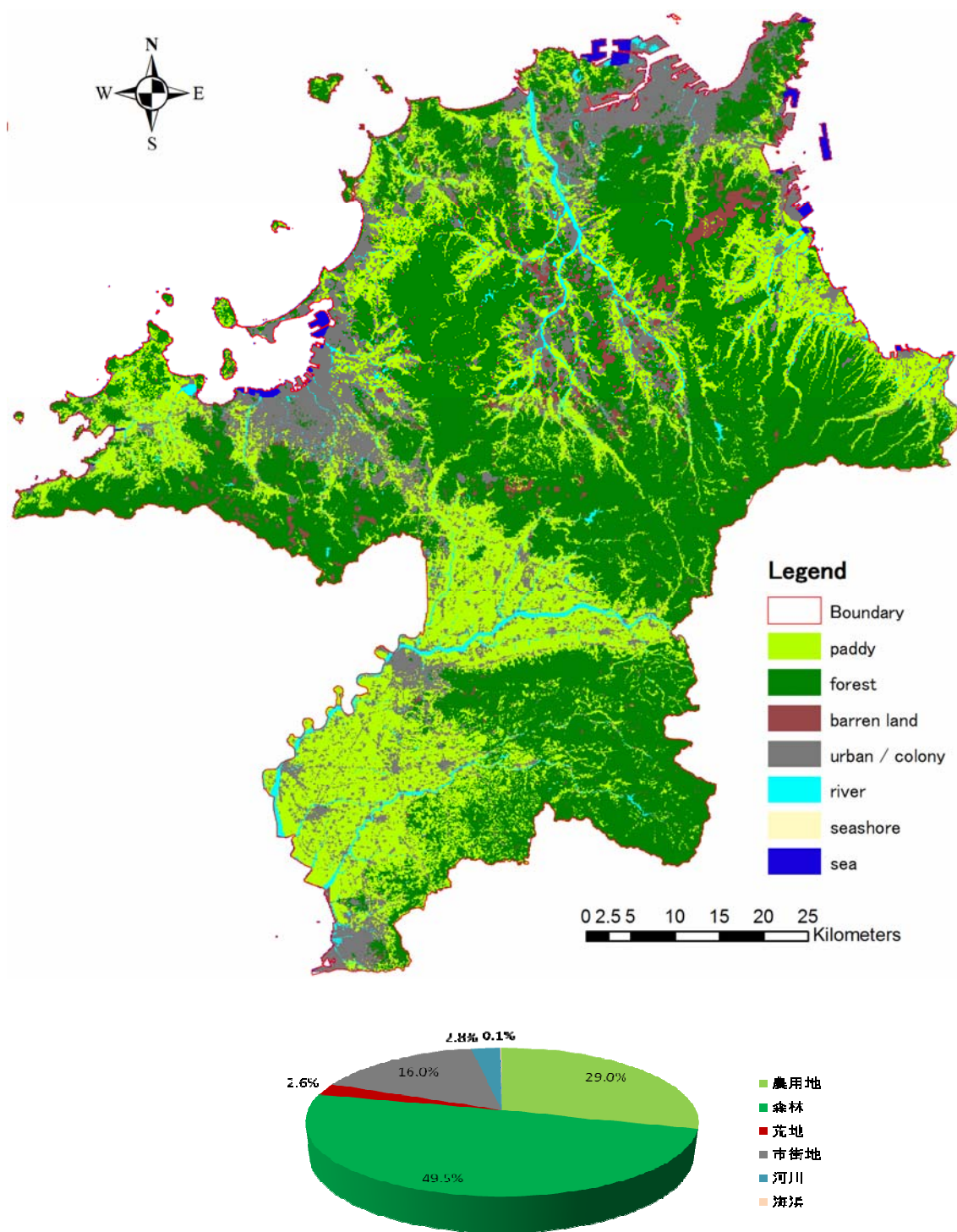


図3 1976年福岡県の土地利用図（7区分）

国土数値情報 1976 年土地利用メッシュ(15区分)を変換し、表1をもとに7区分で土地利用図を作成した。

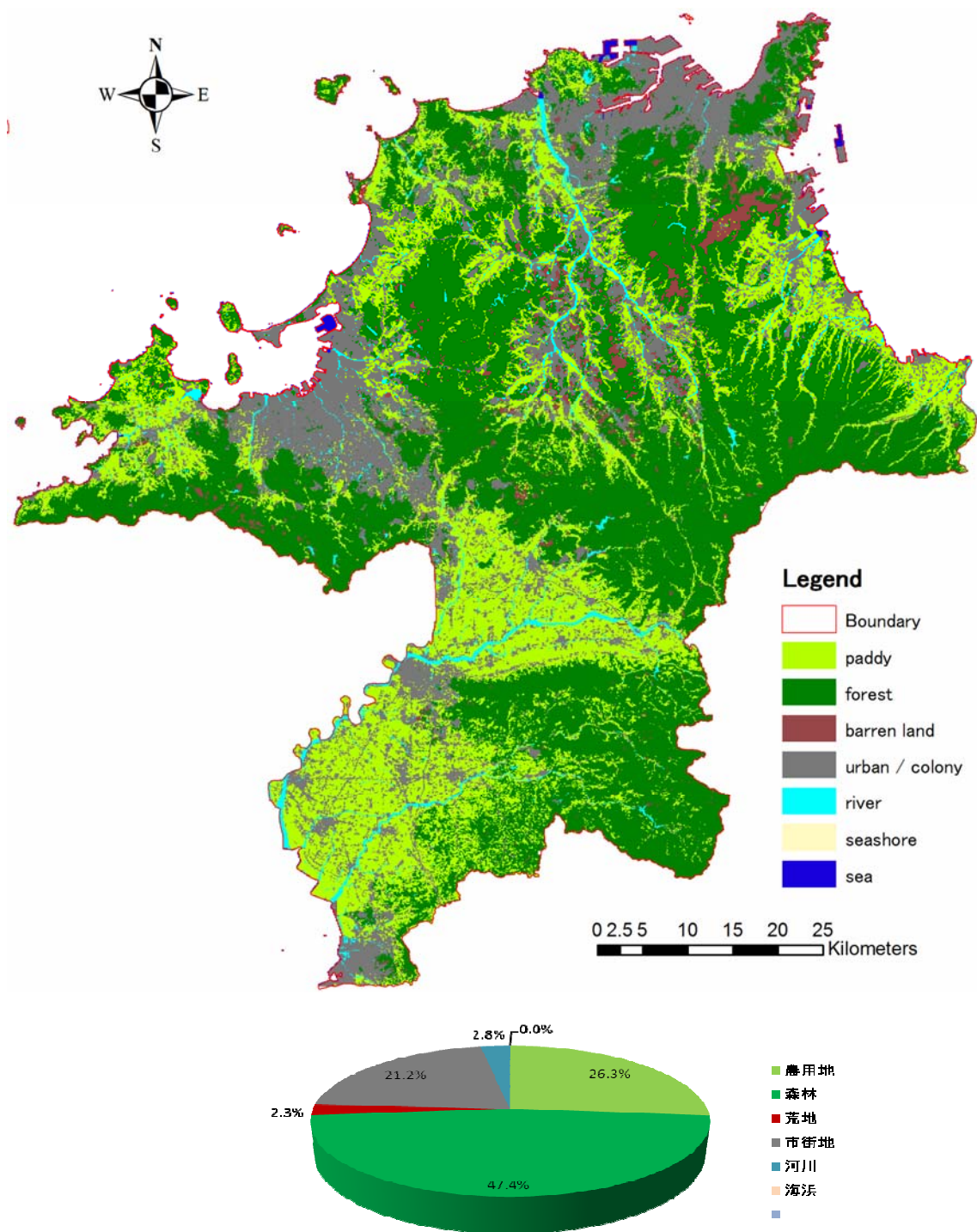


図4 1997年福岡県の土地利用図

国土数値情報 1997 年土地利用メッシュ(11区分)を変換し、表1をもとに7区分で土地利用図を作成した。

3.3. 旧版地形図からの土地利用図

3.3.1. 旧版地形図（1900年および1950年の地形図）

国土地理院では、測量法第28条（測量成果の公開）の規定に基づいて、旧版地形図の謄本の交付を行っている。本研究では福岡県内の描かれた23枚の5万分の1旧版地形図の謄本を1900年と1950年の2組取り寄せた。発行年には若干のばらつきがあるため、1900年としては1903年から1905年のものを、1950年としては1948年から1951年のものとした。1900年の地形図には凡例が無く、地図記号の表記方法も年代によって変化しているため、日本地図センター発行の「地図記号のうつりかわり」を参照した。

3.3.2. 土地利用区分の検討

土地利用区分については、国土数値情報の「土地利用メッシュ」作成の際に規定された「土地利用調査作業要領」⁴をベースにし、旧版地形図のGISを用いたトレース作業を行なうこととした。しかしながら、旧版地形図の地図記号は種類が少なく、また地図記号の定義も現在のものに比べて明確ではない、旧版地形図自体の不鮮明な部分や地名等の文字によって判読できない部分がある、同資料は2.5万分の1地形図に対してポリエステルフィルムにトレースする作業を前提に規定されたものであり、同資料の「土地利用分類基準表」で細かく規定されている最小表示単位や適用範囲が旧版地形図のトレース作業に対して適当か否かを検討する必要がある等の課題が明らかとなった。

このため1976年以降の土地利用メッシュと同等に土地利用を細分することは困難であると判断し、「土地利用分類基準表」（付録資料1）をベースに、次に示す<土地利用区分の再分類>に従って、農用地、森林、市街地（集落を含む）、河川、海浜、海の6種類とした。また同表の最小表示単位に関しては土地利用分類基準に準じたが、5万分の1地形図に対する距離に換算して適用させた。さらに適用範囲に関しては、土地利用数値地図作成の第一段階として、同基準に準じ作業を進めることにしたが、字図等の他資料および現地調査等によりその適正に関する検討を進め、段階的に適用範囲を最適化することとした。特に河川や荒地の変遷については今後の防災・減災、今後の有効な土地利用に関する基礎情報として重要な情報として考えられるため、旧版地形図だけではなく、ボーリングデータ等からの縄文海進以来の沖積平野発達のシミュレーション手法を検討し進めていく必要があると考え、検討を進めている。

<土地利用の再分類>

- ・ 旧版地形図には畑地を表す表記がなされておらず、水田と畑地を分けることができないため、これらは桑畑や果樹園、茶畑など一括して農用地として扱う。
- ・ 集落は建物の建っている地域とする。また学校や工場、筑豊地区における炭鉱関連施設などは地形図上では判別できないため市街地としてまとめる。
- ・ 広葉樹林と針葉樹林は森林としてまとめる。
- ・ 旧版地形図では河川が線として描かれており、河川の形状を特定できないため、1976年の河川形状を用いて土地利用区分を行う。ただし筑後地区特有のクリークについては旧版地形図に描かれていないので除外する。また福岡地区では、ため池が多くみられるが、1976年の土地利用図から地区内に占める面積比が1%未満であるため無視する。
- ・ 土地利用の境界には地類境界（図5中の点線）を基本とする。この境界記号は明治42年式（1909年）として凡例にまとめられたものであるが、明治36年以降の製版された地形図（明治33年測量）にはすでにこの境界が示されている。本研究で入手した旧版地形図は明治36年以降に製版されたものである。
- ・ 地名等の文字による判読できない部分は、判読できる部分の土地利用境界を最短距離で結ぶ線を土地利用境界とする。

表1 土地利用区分・土地利用コードの再分類

土地利用区分		1976年土地利用図		1997年土地利用図	
農用地	1	田	1	田	1
		畑	2	その他の農地	2
		果樹園	3		
		その他の樹木畑	4		
森林	5	森林	5	森林	5
(荒地)	6	荒地	6	荒地	6
市街地	7	建物用地 A	7	建物用地	7
		建物用地 B	8		
		幹線交通用地	9	幹線交通用地	9
		その他の用地	A	その他の用地	A
				ゴルフ場	G
河川	12	湖沼	B	河川及び湖沼	B
		河川池 A	C		
		河川池 B	D		
海浜	14	海浜	E	海浜	E
海水域	15	海水域	F	海水域	F

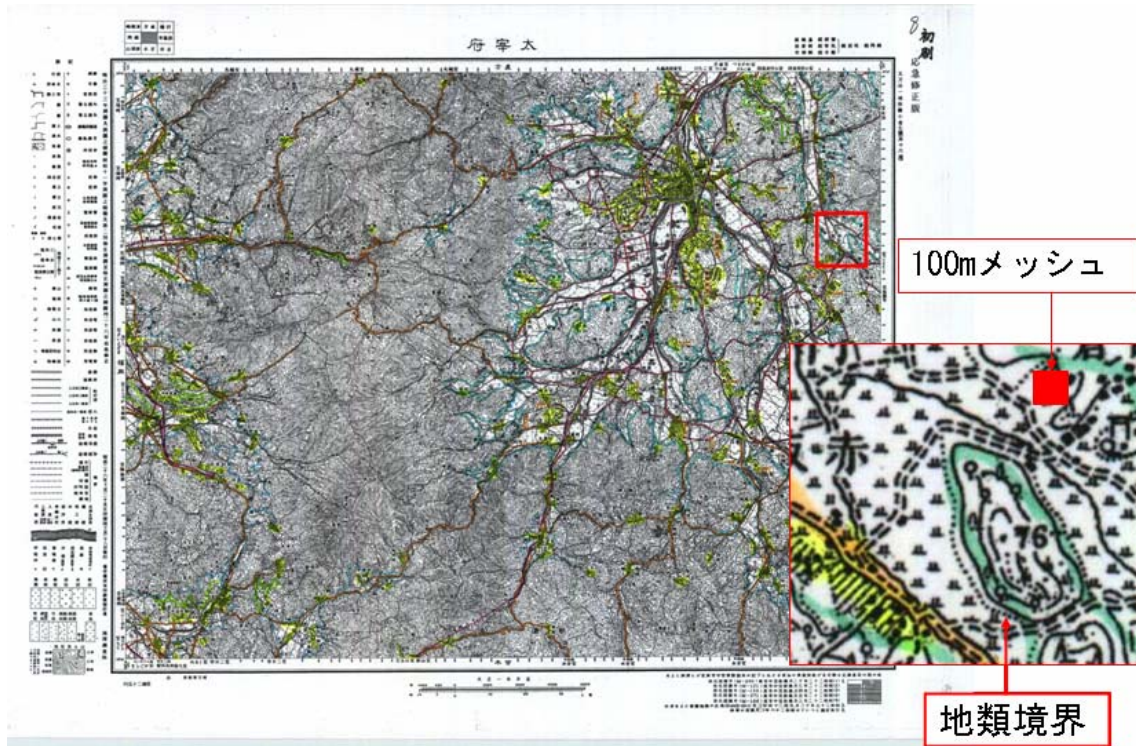


図5 1900年旧版地形図の謄本の例「大宰府」（明治33年測量）

土地利用区分は右図点線の地類境界をベースに行なった。旧版地形図の謄本は白黒であるが、境界線や記号等が不鮮明な部分があるため、スキャンしてデジタル画像化する前に境界線付近を蛍光ペンで彩色している。

3.3.3. 土地利用の抽出

土地利用の抽出は、旧版地形図をイメージスキャナで読み取り、デジタル画像に変換し、GISによる描画機能等を用いた旧版地形図のトレースにより行う。しかしながら原資料が5万分の1スケールの地形図であるため、表記される線の太さは最大0.5mm程度であり、これを実際の距離に換算すると25mとなる。また最終的な土地利用図は最小単位が約1ha（一辺約100m、地図上では約2mm）の領域であることから、境界線の幅だけを考えても最大25%程度の位置の誤差が生じる可能性がある。そのため、トレース作業では可能な限りスキャン画像を拡大して行い、旧版地形図に描画された線の中心をトレースするように細心の注意を払った。土地利用図の作成は次の〈土地利用図の作成手順〉に従って行った。また図6にはプロセス図を、図7には土地利用ポリゴンから土地利用メッシュに変換する際の面積計算のプロセスを図示した。なおスキャン画像から土地利用を抽出するまで、図幅13枚に対して集計した結果、合計で約408時間、1図幅平均約31時間必要であった。

中間打合せ（2006年4月）では筑豊地区に一部の福岡地区と北九州地区を加えた土地利用図の作成を行なった結果を報告した。その後、この方法に基づき、筑豊地区の土地利用図の一部修正と残りの図幅に対して1900年の土地利用図を作成したものを図9に示す。この結果と図3、図4と比較すると1900年には僅か2%であった市街地が1976年では16%、1997年では21%と著しく増加し、福岡市、北九州市を中心に分布が拡大していることがわかる。また森林の減少が34%から1976年に29%、1997年に26%であるのに対して、農用地の減少は61%から50%、47%と大きく、1900年には市街地と森林との間にあった農用地が1997年にかけて置き換わり、標高の高い山地部に面して市街地の分布が拡大していることがわかる。

表2には1900年、1976年、1997年間の土地利用変遷の集計、すなわち3時代の各メッシュの土地利用コードの組み合わせを集計した結果である。また1997年に海域と区分されているメッシュが1900年で陸地として別の土地利用コードが割り当てられているものを強調して示した。これは全体のメッシュ総数の約0.2%になり、主に旧版地形図の座標のずれや不鮮明さに起因する誤差だと考えられる。さらに海域との境界だけではなく、他の土地利用境界に対しても同程度の誤差が予想されるため、今後、この部分に対しては分布等について詳細にチェックし、旧版地形図から作成した土地利用図の精度について検討する必要がある。なお1976年と1997年間にも同様なメッシュ（1997年には海となっているが1976年には陸地の土地利用となっているもの）が確認できるが、その数は1900年に比べて1/20程度である。

今回得られた土地利用図をもとに考察した研究対象地域の土地利用の変遷については、ESRIユーザカンファレンス2007（開催地：米国、2007年6月）および東アジアGISシンポジウム（主催：九州大学、2007年8月）において、論文およびポスターの

形式で発表した。その資料は付録資料 2, 3 として添付した。

<土地利用図の作成手順>

1. 土地利用の境界は地類境界を基本とする。ただし山地や海岸など地形に関連した土地利用境界は、植生または地形記号が変化している近接の等高線、または地形が顕著に変化している（等高線が密になっている）部分での等高線を境界とする。
2. デジタル画像において、目視による境界の認識を容易にするため、旧版地形図で土地利用境界付近をあらかじめ蛍光ペンで彩色する。
3. 彩色した福岡県の旧版地形図（1900 年、1950 年でそれぞれ 23 枚）をイメージスキャナで読み取る。条件は RGB カラーで A1 サイズ、解像度は 300dpi とし、TIFF 形式で保存する。

以降は GIS ソフトウェア（ESRI 社製 ArcGIS）による作業となる。

4. 旧版地形図の 4 隅に表記されている座標値をスキャンした画像に登録し、GIS で利用できるラスタデータに変換する。なお座標系は JGD2000 における投影座標系 UTM-52 で統一するため、4 隅の座標値は国土地理院作成の TKY2 プログラムにより計算した値を用いるが、1918 年以前の地図については、さらに +10 秒 4 の経度変更の修正を加えたものを用いる（図 7）。
5. 年代別にすべてのラスタデータを統合させ、1900 年および 1950 年の福岡県全域の地形図ラスタデータを作成する。
6. 地形図ラスタの彩色したラインをトレースし、森林、農用地、市街地、(河川)、海、海浜のポリゴンの各レイヤを作成し、統合（マージ）を行う。
7. 土地利用に応じて ID 番号を属性データとして与え、基準地域メッシュの 3 次細分メッシュ（一辺約 100m）レイヤと結合（ユニオン）させ、土地利用ポリゴンをメッシュポリゴンで細分する。
8. 各メッシュ内で最大の面積をもつ土地利用をそのメッシュにおける土地利用とするため、Visual Basic によるスクリプトを作成して、メッシュ内の土地利用ポリゴンの面積を算出し、属性データに付加する。
9. メッシュ内で最大面積値をもつ土地利用コードをそのメッシュの土地利用コードとして入力し、土地利用図とする（図 8）。

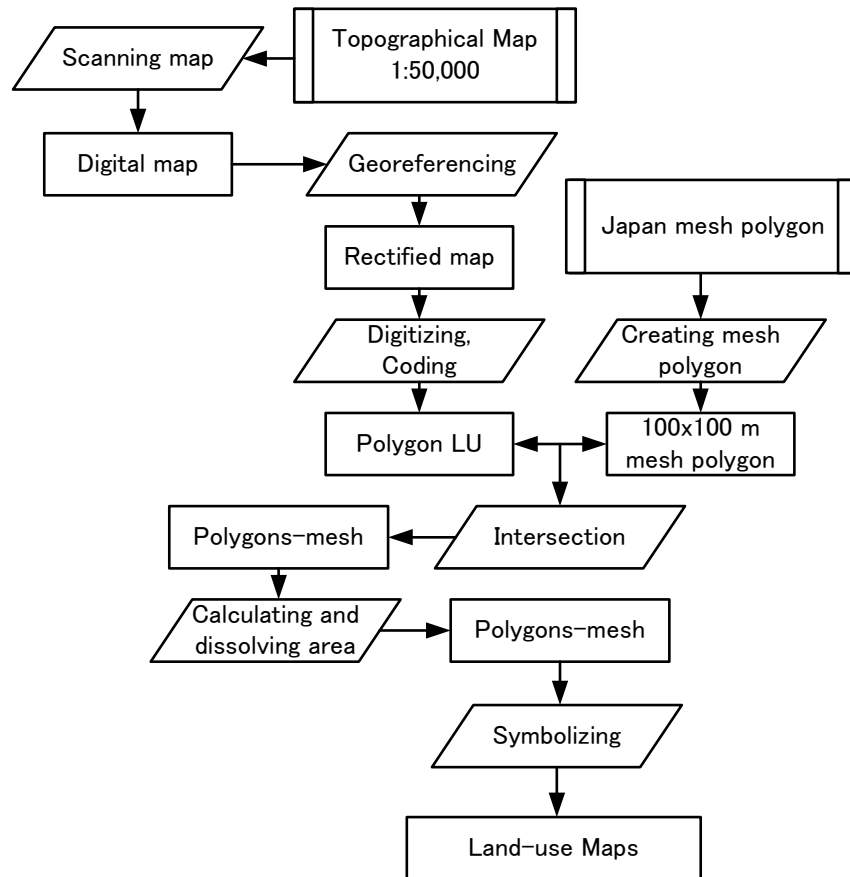


図6 土地利用図の作成プロセス

土地利用ポリゴンを作成後のメッシュ化と面積計算は `python` スクリプトを用いて半自動で行なえる。これにより今後、土地利用ポリゴンの修正や荒地等の土地利用区分の追加が容易となった。

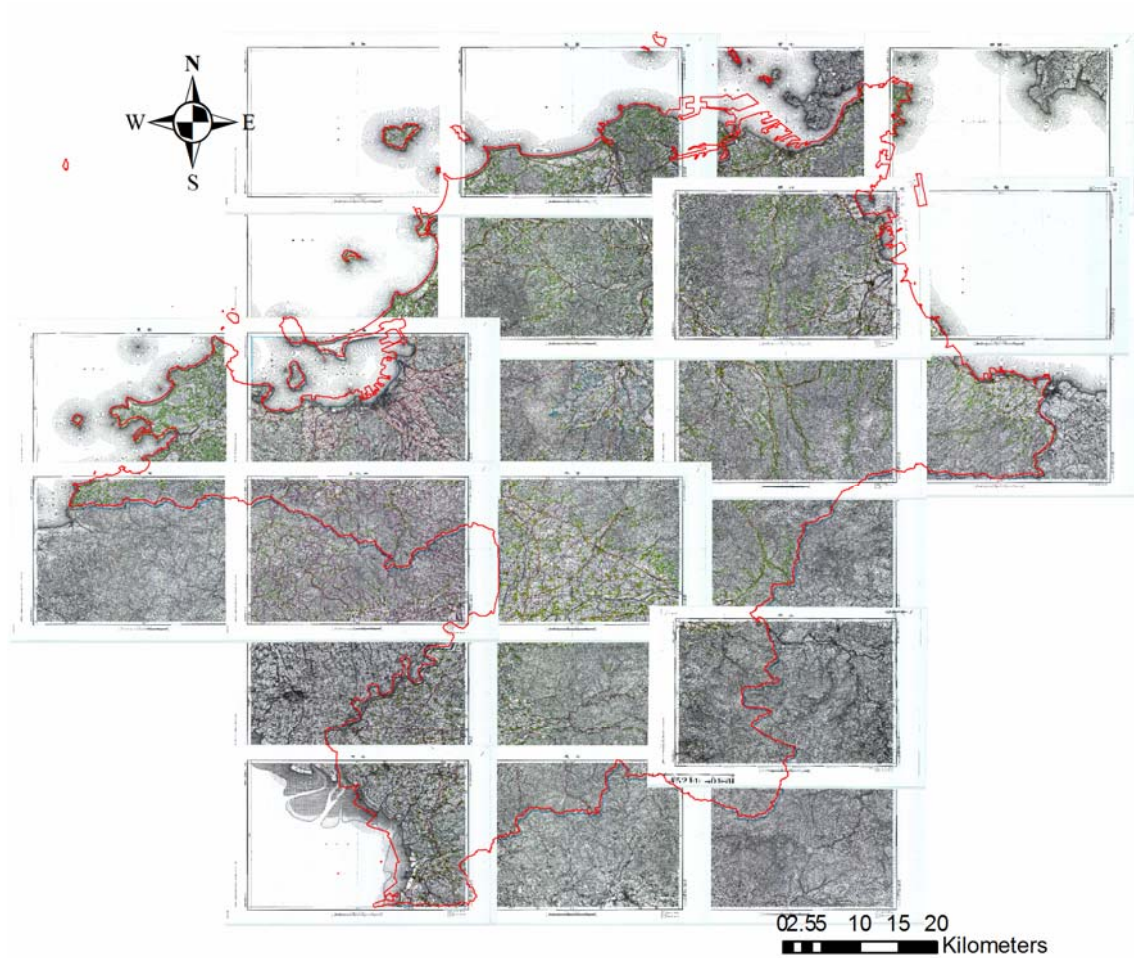


図7 旧版地形図への位置情報の付加

4隅の座標値をもとに位置情報を付加し，福岡県に関連する 48 (= 24×2) 枚の旧版地形図のデジタル画像（ラスタデータ）を GIS データに変換した。

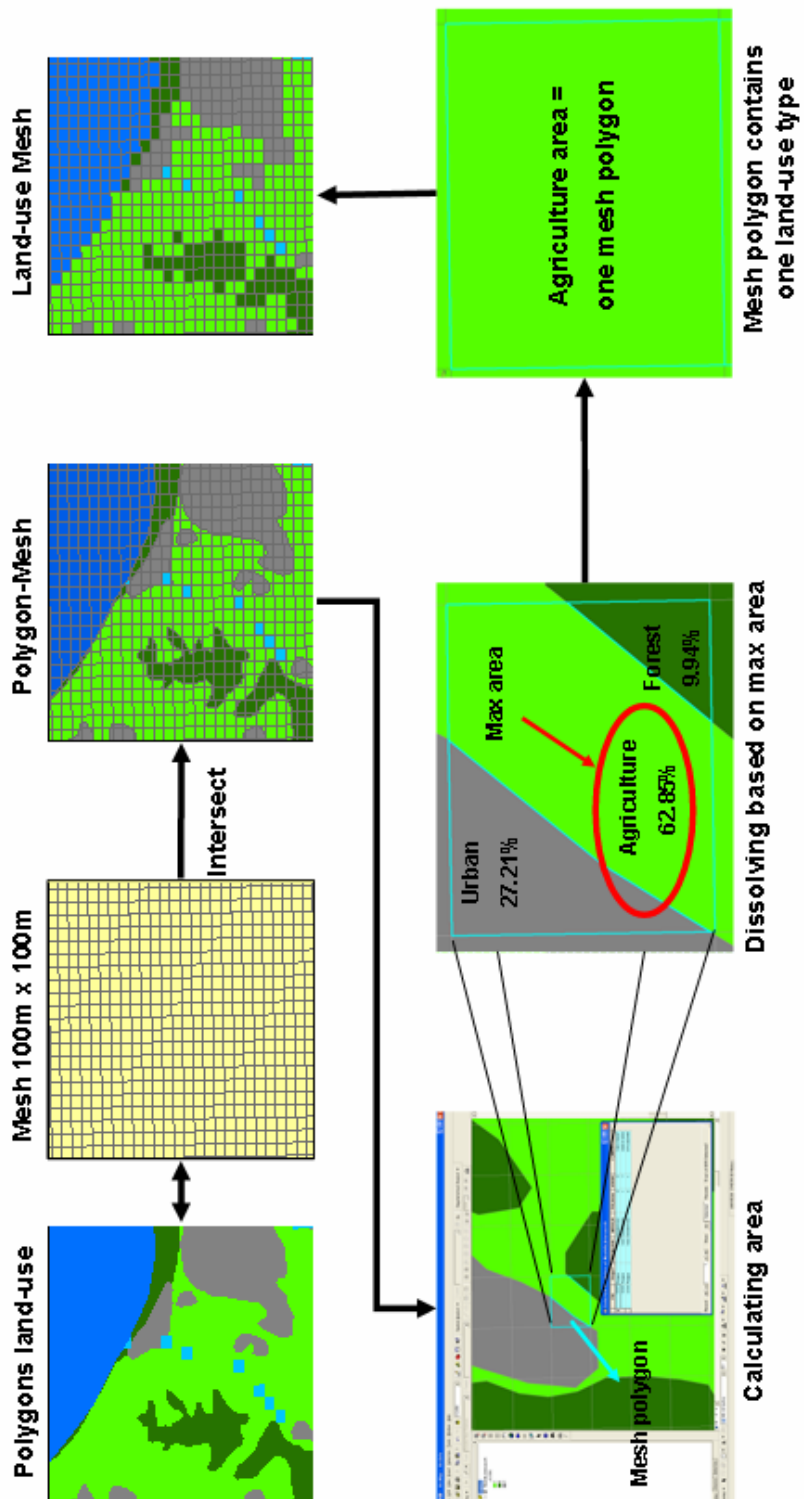


図8 土地利用ポリゴンの面積計算とメッシュ化

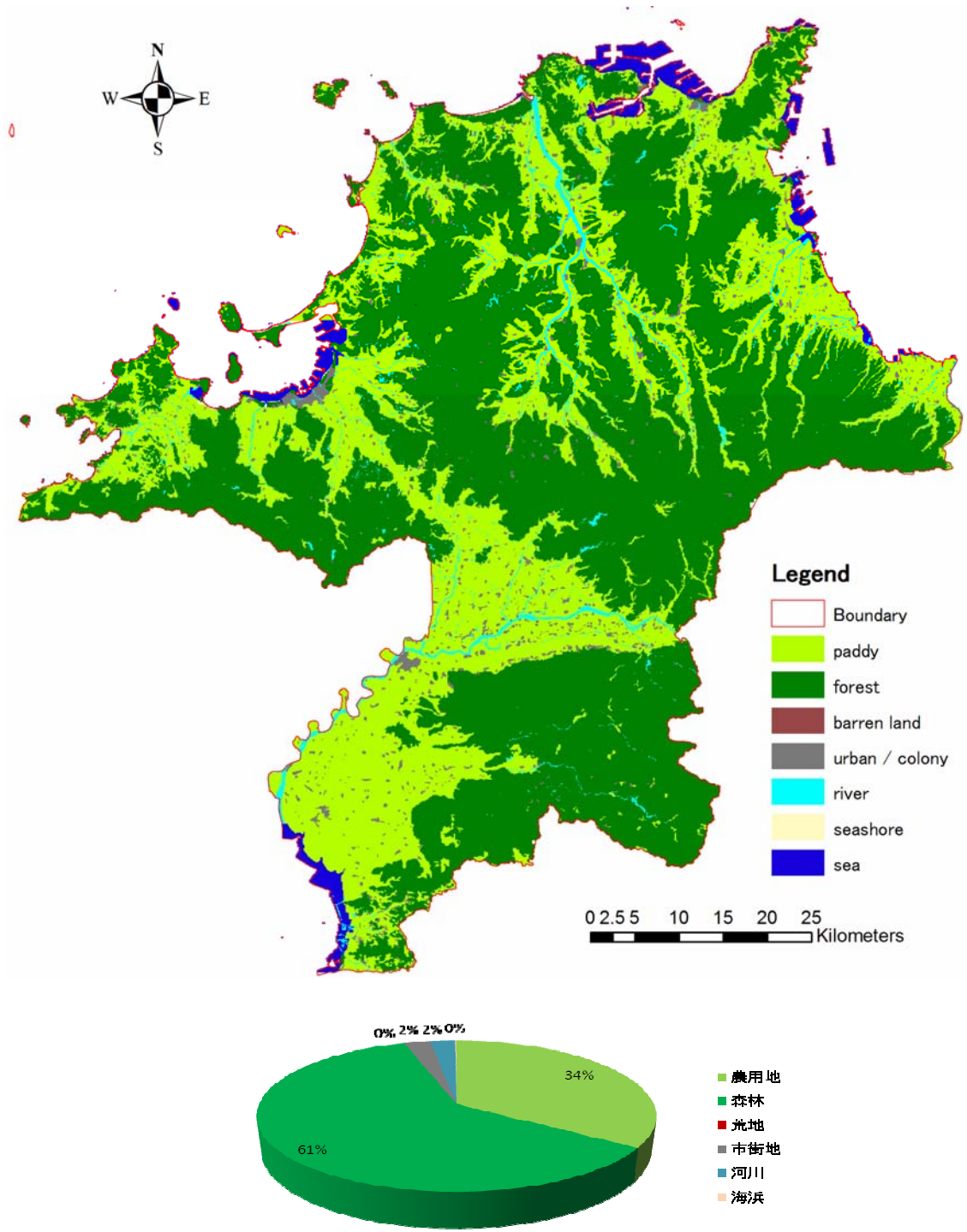


図9 1900年旧版地形図から作成した福岡県土地利用図

表2 1900, 1976, 1997年土地利用変遷の集計結果(頻度はメッシュ数)

1900	1976	1997	頻度	1900	1976	1997	頻度	1900	1976	1997	頻度
0	1	1	79	0	6	6	6	0	1	12	4
0	7	1	2	1	1	6	299	0	12	12	175
0	12	1	2	1	5	6	197	1	1	12	273
1	1	1	83563	1	6	6	628	1	5	12	47
1	5	1	987	1	7	6	182	1	6	12	18
1	6	1	186	1	14	6	1	1	7	12	201
1	7	1	1947	5	1	6	475	1	12	12	1063
1	15	1	3	5	5	6	2094	1	15	12	1
5	1	1	25989	5	6	6	6109	5	1	12	67
5	5	1	4734	5	7	6	534	5	5	12	232
5	6	1	272	5	14	6	3	5	6	12	60
5	7	1	445	5	15	6	1	5	7	12	76
5	12	1	36	7	1	6	1	5	12	12	85
5	14	1	2	7	5	6	5	7	1	12	2
7	1	1	1560	7	6	6	17	7	5	12	1
7	5	1	35	7	7	6	3	7	6	12	3
7	7	1	226	12	1	6	1	7	7	12	29
12	12	1	339	12	6	6	7	7	12	12	28
14	1	1	2	12	7	6	1	12	12	12	9172
15	1	1	1313	12	12	6	36	14	5	12	1
15	5	1	5	14	5	6	7	14	7	12	1
15	6	1	16	14	7	6	17	15	1	12	28
15	7	1	57	14	14	6	4	15	6	12	1
15	14	1	1	15	1	6	9	15	7	12	22
15	15	1	7	15	5	6	13	15	12	12	446
0	5	5	1	15	6	6	61	15	15	12	119
1	1	5	760	15	7	6	23	1	1	15	2
1	5	5	10276	15	12	6	8	1	5	15	10
1	6	5	118	15	14	6	10	1	6	15	6
1	7	5	352	15	15	6	11	1	7	15	16
1	14	5	21	0	1	7	2	1	14	15	10
1	15	5	5	0	7	7	20	1	15	15	530
5	1	5	3121	0	12	7	2	5	1	15	2
5	5	5	200709	1	1	7	13447	5	5	15	6
5	6	5	2312	1	5	7	1820	5	7	15	7
5	7	5	903	1	6	7	690	5	14	15	2
5	14	5	14	1	7	7	36894	5	15	15	70
5	15	5	2	1	12	7	182	7	7	15	1
7	1	5	41	1	14	7	16	7	14	15	1
7	5	5	604	1	15	7	47	7	15	15	16
7	6	5	9	5	1	7	2314	12	12	15	61
7	7	5	50	5	5	7	6728	14	5	15	2
12	12	5	84	5	6	7	1461	14	7	15	3
14	5	5	69	5	7	7	18132	14	14	15	3
14	6	5	1	5	12	7	18	14	15	15	18
14	7	5	5	5	14	7	9	15	1	15	3
14	14	5	4	5	15	7	17	15	5	15	18
14	15	5	2	7	1	7	520	15	6	15	13
15	1	5	5	7	5	7	170	15	7	15	85
15	5	5	344	7	6	7	26	15	12	15	40
15	6	5	20	7	7	7	7839	15	14	15	38
15	7	5	9	7	12	7	16	15	15	15	4264
15	14	5	6	7	14	7	1				
15	15	5	10	7	15	7	4				
				12	12	7	347				
				14	1	7	9				
				14	5	7	46				
				14	6	7	12				
				14	7	7	110				
				14	14	7	6				
				14	15	7	2				
				15	1	7	33				
				15	5	7	23				
				15	6	7	42				
				15	7	7	5552				
				15	12	7	263				
				15	14	7	15				
				15	15	7	1640				

※ 各年代には、土地利用コード(表1)、頻度はメッシュ数を示している。

※ 表中の黄色の部分は座標位置のずれによるエラーと考えられる部分。なお海浜については黄色部分から除外した。メッシュ総数：468285、黄色部分：740(0.15%)

4. 立体空間の定量化手法の検討

4.1 可視領域の立体角計算スクリプトの開発

これまで土地利用の変化は、土地利用に関する表や地図等により平面上で変遷を分析する場合がほとんどで、立体的な空間の中での土地利用を定量的に評価する手法は見出されていない。そこで土地利用図と DEM を重ね合わせ、立体空間における土地利用について、GIS を用いた立体角（図 10）による定量化手法の開発を行う。そのため最初の段階として、一般的な GIS のサーフェスモデル（ラスターデータ）に対する基本機能として備わっている可視領域の抽出機能に、新たにラスターデータから可視領域として抽出されたグリッドに立体角を数値として与えるスクリプトの開発を行なった。立体角は任意の視点から見えるグリッドの距離、方向、伏角、傾斜方向および傾斜角から求めた見かけの投影面積から計算した。図 11 にその立体角計算のプロセス図を示す。

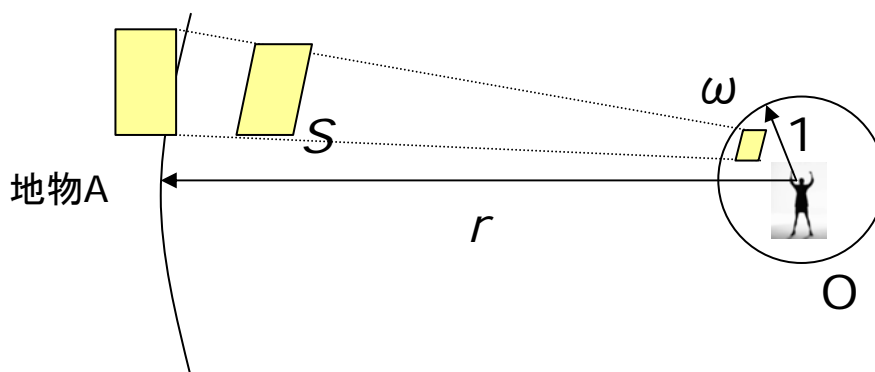


図 10 立体角 (Solid Angle) の定義

視点 O より距離 r の位置にある地物 A を半径 r の球面 (中心 O) に投影した面積を S とすると、地物 A を半径 1 の球面 (中心 O) に投影した面積 ω は $\omega = S / r^2$ である、この ω を立体角 (単位: ステラジアン, sr) といい、視点 O のまわりの全立体角は 4π (sr) となる。

4.2 研究対象地域の立体角データベースの作成

国土地理院空間データ基盤の 50m メッシュ標高から 1km グリッドの標高ラスタを作成し、福岡県全域を 1km メッシュで分割した約 5000 の各要素の可視領域を抽出した。さらに各要素に対して数百から数万の立体角の総和と各要素それぞれに対する各可視グリッドの位置と立体角のデータベースを構築した。図 11 に可視領域の計算結果の例と図 12 に立体角データベースの一例を示す。また図 12,13 に研究対象地域における立体角の総和の分布図を示した。この立体角のデータベースの構築により、任意の視点から見える土地利用の変化を立体的に評価することが可能となり、今後、多次元的な土地利用の変遷分析に期待できる(図 14)

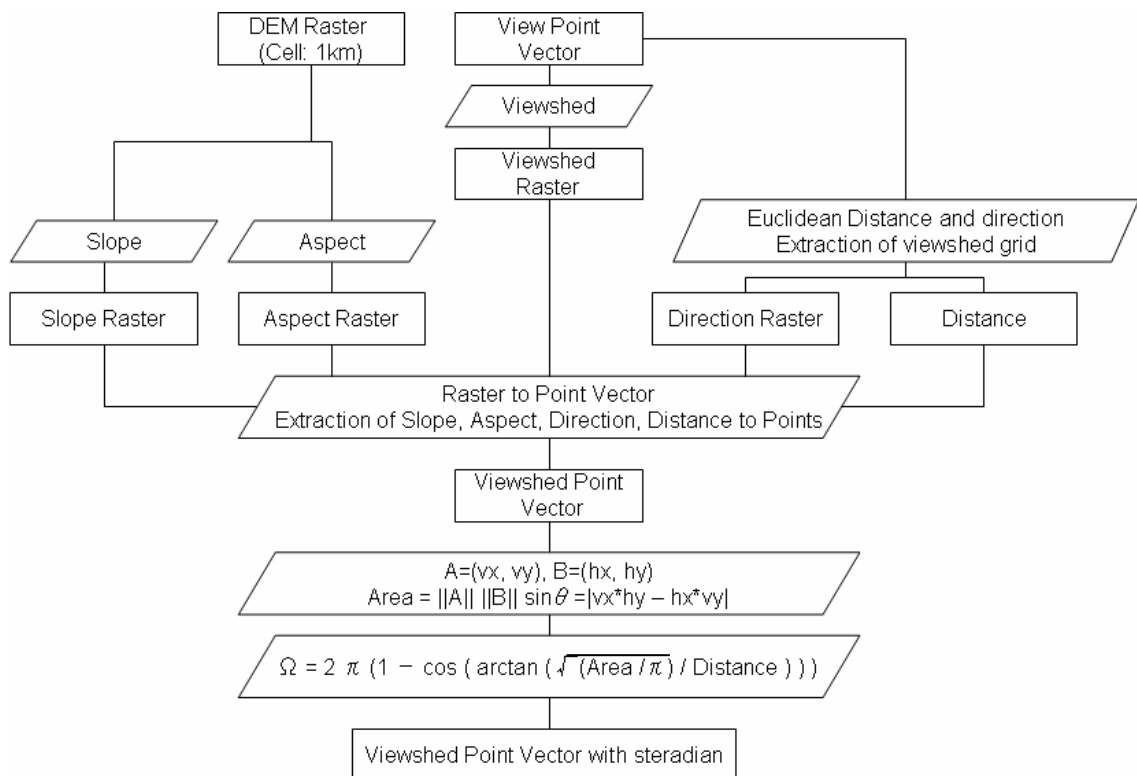


図 10 可視グリッドの立体角計算プロセス図

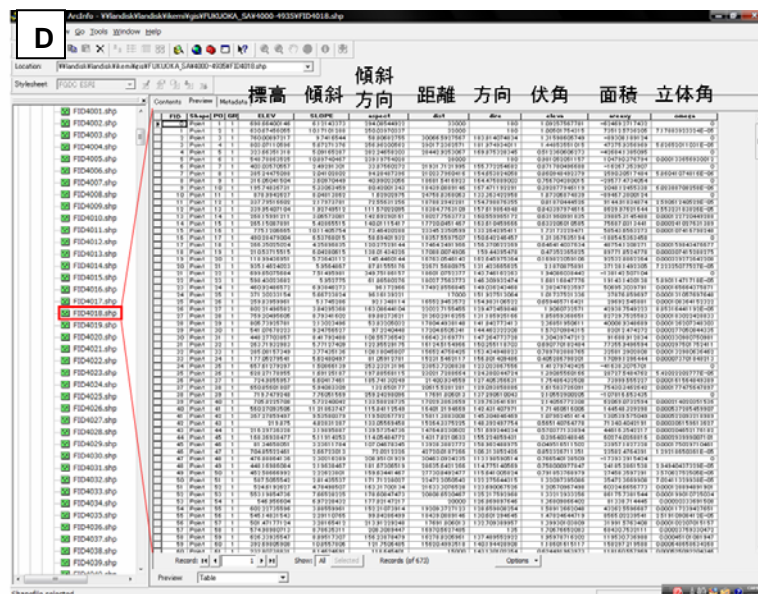
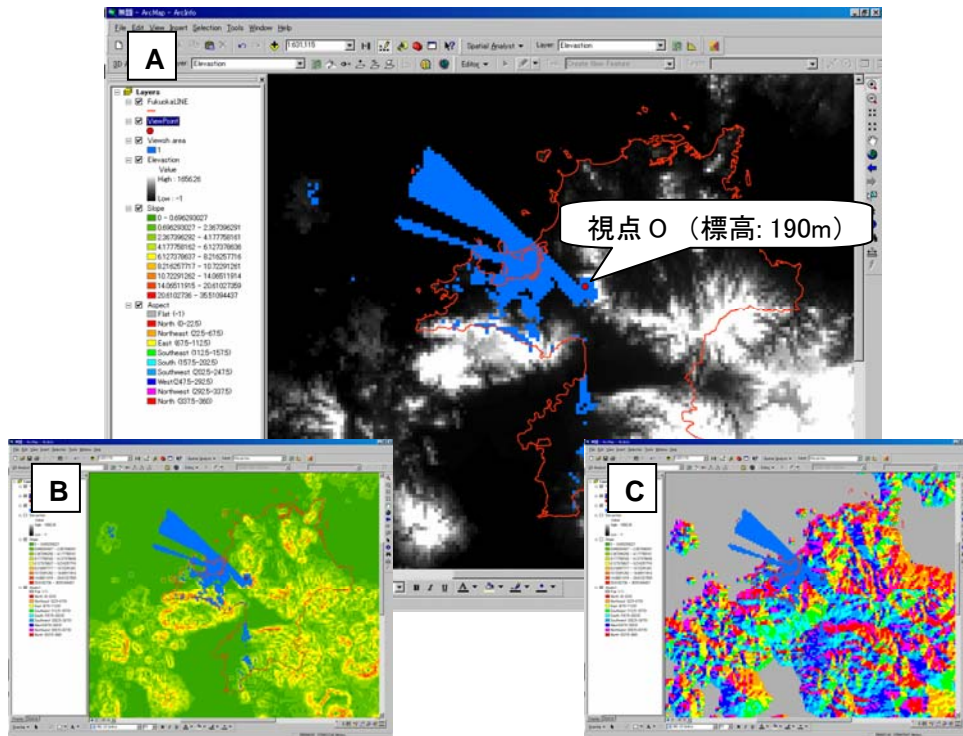


図 11 視点 O における可視グリッドの立体角の計算例とデータベース

標高ラスタ及び視点 O より可視領域グリッド(図中: 青)を抽出する(A). 次に傾斜角ラスタ(B)と傾斜方向ラスタ(C)と重ね合わせて、各可視グリッドの傾斜角、傾斜方向および視点 O からの距離、方向を算出し、各可視グリッドの視点 O における立体角を福岡県全域全 4972 点のグリッドに対して行ない、立体角データベースを(D)構築した。

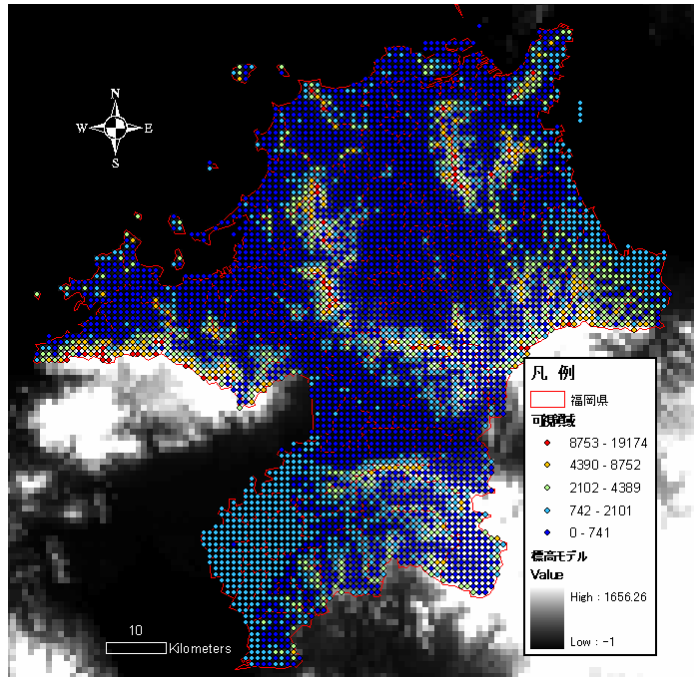


図 12 1kmメッシュによる可視領域の計算結果

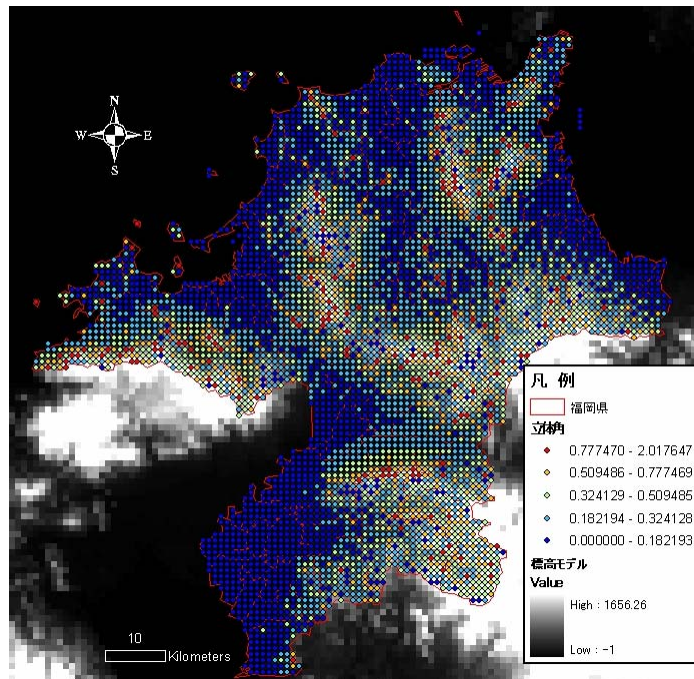


図 13 1kmメッシュによる立体角の総和の計算結果

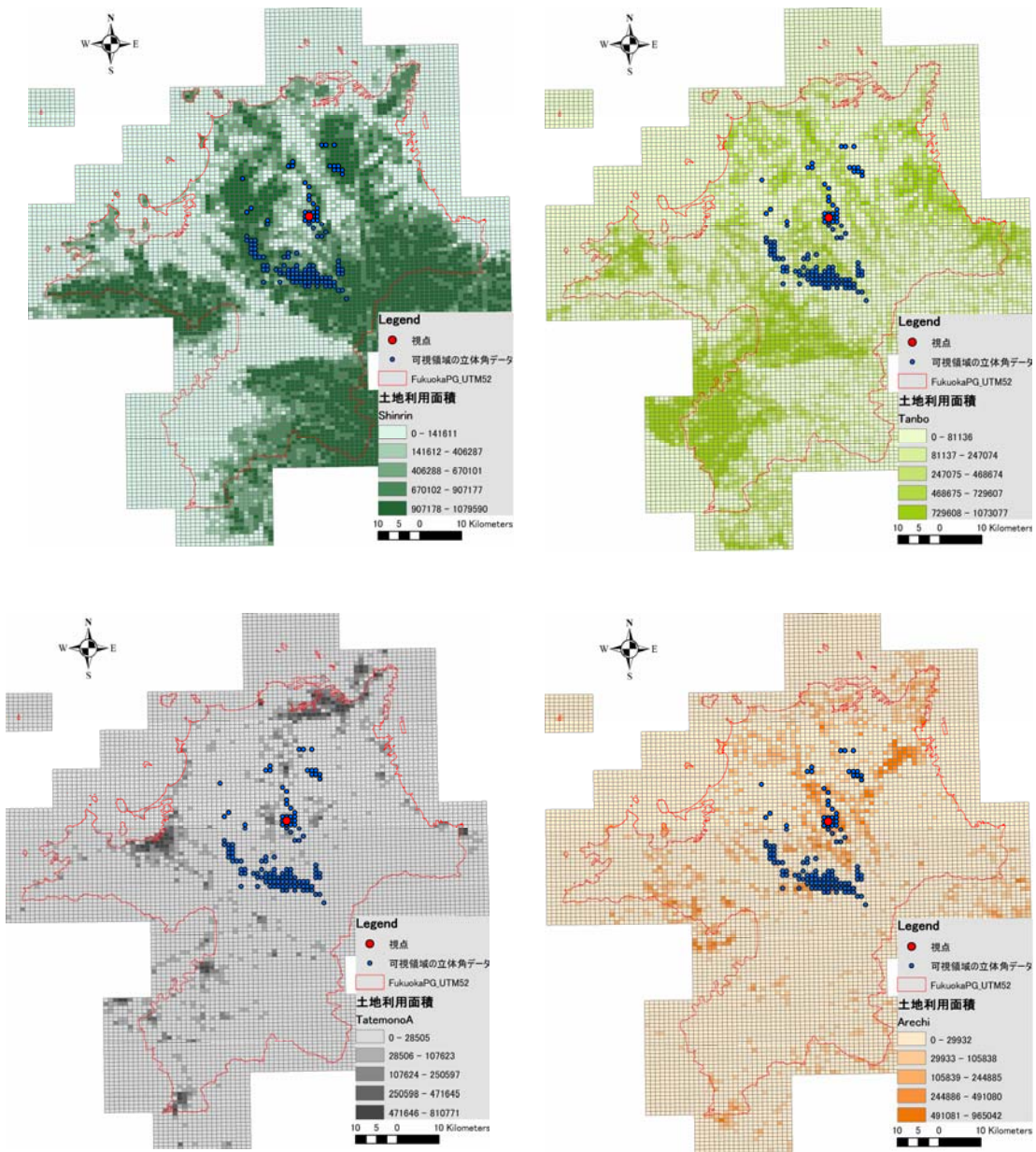


図 14 立体角データベースの利用イメージ

森林、農用地など様々な土地利用の面積を1kmメッシュに集約し、立体角を各面積に乘算することで、それぞれのポイントから見える土地利用を算出でき、土地利用の変遷がもたらした景観の変化等を明らかにでき、多次元的な土地利用の変遷分析として期待できる。

5. まとめ

本研究は、GISを用いて、国土交通省により国土数値情報として整備された1976年からの基準地域メッシュの1/10細分土地利用メッシュ（一辺約100m）と比較できるレベルの100年前および50年前の土地利用図を作成する方法および地表空間を立体角により3次元的に評価する方法の2つの方法を確認し、過去100年間の土地利用の変化に伴う地表空間の変遷を多次元的に明らかにすることを目的としたものである。

土地利用図の作成方法については、大都市や農村の対比が行える福岡県を対象地域として、1997年、1976年、1950年および1900年を対象年代として行なった。1976年、1997年の土地利用図は、国土数値情報の土地利用メッシュデータをもとにGISデータに変換し、土地利用区分を7区分に再分類した土地利用図を作成した。1950年（50年前）、1900年（100年前）の土地利用図は、国土地理院が公開している5万分の1スケールの旧版地形図を使用し、国土数値情報の作成要領である「土地利用調査作業要領」および旧版地形図の地類境界をもとに作成を行なった。その中で、旧版地形図の謄本の不鮮明さ、地図記号の違い、さらに原資料のスケールの違い等の問題から、基本とした作業要領について、旧版地形図に適応する場合において、別資料または現地調査により、河川、荒地も含め土地利用境界の検討が必要であるとの認識に至った。このため土地利用調査作業要領での土地利用図作成と同時に、この検討を進め、段階的に土地利用図を修正できる作成手法および土地利用作成のためのpythonスクリプトの検討、開発を行った。

この方法により作成した土地利用図は1900年の福岡県全域と1950年の筑豊地区周辺地域であるが、1900年、1976年および1997年の土地利用メッシュの土地利用コードを集計した結果、旧版地形図の位置座標のずれや不鮮明さに起因すると考えられる約0.2%程度の誤差が海域との土地利用境界部分に確認できた。同程度の誤差は他の土地利用境界部分にも予想されるため、旧版地形図からの土地利用図の精度について検討する必要がある。






立体角による地表空間の3次元的评价においては、一般的なGISの機能である可視領域、傾斜角、傾斜方向の算出と連携して行なう立体角計算のスクリプトを開発した。このスクリプトを用いて福岡県全域を1kmメッシュ（約5000要素）で分割した各グリッドを視点とした可視領域の立体角のデータベースを、国土地理院空間データ基盤の50mメッシュ標高データを用いて構築した。

本研究により作成した1900年の土地利用図は、森林や農用地という資源を消費しながら拡大していった都市化の様子を時空的に明らかにしているなど、その有効性が確認できた。しかしながら、GISを用いて、より定量的に土地利用の変遷を解析するためには、土地利用図の精度の検討も含め、残された課題を解決する必要があることも明らかとなった。今後、これらの課題を検討・解決していき、土地利用図の作成手法の最適化を進め、さらに本研究で構築した立体角データベースを適用させ、多次元的な地表空間の解析を行うことのできる信頼性の高い方法、手順の確立が期待される。

参考資料

- 1 国土地理院サイト <http://www.gsi.go.jp/index.html>
- 2 国土数値情報ダウンロードサービスサイト <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 3 九州大学環境システム科学研究センターGIS データポータルサービス
<http://wikigis.doc.kyushu-u.ac.jp/gisportal/>
- 4 建設省国土地理院，土地利用調査報告書，国土地理院技術資料 E1-No.176，1990.3

付録資料

番号	区分	地形図上の表示	最小表示単位	適用範囲
8	幹線交通用地	鉄道・駅舎  道路  操車場 	巾 1.0mm 長さ 7.0mm	<ul style="list-style-type: none"> 幅員11m以上の記号道路。 幅員25m以上の真幅道路。 鉄道・道路が2条以上並列している箇所は、その外側から外側までが1mm以上の区域で、かつ挟まれた部分の区画の中が1mm以下の場合のみ表示する。 以上3項の道路、鉄道に接するガケは全て交通用地に含める。 高速道路に附随する施設、敷地（インタンジェ、駐車場等）は交通用地とする。 河川を通過する規定以上の鉄道、道路は交通用地とする。河川堤防上のは河川地とする。
9	その他の用地	空地 無記号 ゴルフ場 " " 基地 " " 塩田 " " 都市公園 " " 運動競技場 " " 空港 " "	3.0mm×3.0mm 1.5mm×5.0mm	<ul style="list-style-type: none"> 空地には、学校や工場の敷地、港湾地区、人口造成地等の空地も含まれる。 人口造成地で未利用のため荒地となっている区域は空地扱いとする。 ゴルフ場等については、範囲が明確な場合のみその他の用地とする。但し、その場合でも建物と水部は現況を表示する。 海岸にあるコンクリート被覆、土堰堤は規定の大きさがあればその他の用地で表示する。 指定河川の区域内にあるダムは河川地とし、指定河川でない河川にあるダムはその他の用地とする。
10	河川地及び湖沼	河川地は、河川（自然・人口）及び河川敷 池・湖沼  養魚場 	巾 1.0mm 長さ 7.0mm 1.5mm×1.5mm	<ul style="list-style-type: none"> 地形図による、河川敷は次による。 ①河川堤防、護岸は河川敷に含める。（但し、天井川の外側をむいたケバは河川敷としな い。） ②山間部の川に沿った岩、砂地は河川敷に含める。 ③山間部の川に沿ったガケは河川敷に含めない。 ・堤内地は中洲であっても河川敷には含めない。 道路、ケバ等（巾1.0mm未満）を挟んである湖沼は表示単位以下でも総括して表示する。
11	海浜	海浜の砂、れき、岩	3.0mm×3.0mm 1.5mm×5.0mm	<ul style="list-style-type: none"> 海に接する砂、れき、岩の区域を指す。ガケはそれらに接していても海浜とせず荒地とする。
12	海水域		3.0mm×3.0mm 1.5mm×5.0mm	<ul style="list-style-type: none"> 隠顕岩、環礁、干潟は海水域とする。 海水域の水面利用は海水域とする。 シーバースも海水域とする。

Developing Land-Use Maps for Remediation Abandoned Coal Mines

Marisa MEI LING, Tetsuro ESAKI, Hiro IKEMI, Yasuhiro MITANI

Abstract: Facing the problem of the environmental impacts on the land due to abandoned coal mines, it is necessary to recognize the history of regional development and to find suitable methods to remediate that region. One of the methods for obtaining descriptions of land-use transition that leads to the abandonment is the analysis of changing patterns from a series of land-use maps over the last 100-years. In this paper, land-use maps series based on 1:50,000 topographical maps have been developed by applying Geographic Information System (GIS) technology. A mesh-based polygon of 100m x 100m is used as a zone area to extract the land-use values over years. In order to perform land-use maps, python were utilized to handle repetition process and time-consuming task. As a result, land-use maps can be developed effectively by implementing GIS techniques to provide the analysis of land-use transition patterns.

1. Introduction

Land degradation from old mine workings is well known in almost all countries and has become one of the outstanding environmental problems confronting the mining developments. There are many references to environmental damage from such sites; however few systematic surveys and impact assessments have been carried out, so the true scope of the problem is not exactly known. This research sets out the natural environmental situation both spatial and temporal, concerning abandoned coal mine sites in order to provide a basis for further study about how to address remediation issue on former coal mines region. The assessment of past natural environment and land utilization play an important role to explain the regional changes which leads to the abandonment.

In Japan, the magnitude of the impacts from past mining is often considerable, as environmental regulation of mining activities has in most cases only been introduced relatively recently. Chikuhou region, which has long history of coal mines industries, was selected as the area to study (**Fig.1**). Chikuhou region covers 33.30% of Fukuoka prefecture and consists of 21 administrative boundaries, has total area of 1,649.80 km². One of the methods for obtaining descriptions of land-use transition that leads to the abandonment in this region is the analysis of changing patterns from a series of land-use maps over the last 100-years. Since there are no records of land-use maps, thus the development of a series of land-use maps is well thought important for the study of remediation in this region. A series of land use maps of Chikuhou region over the last

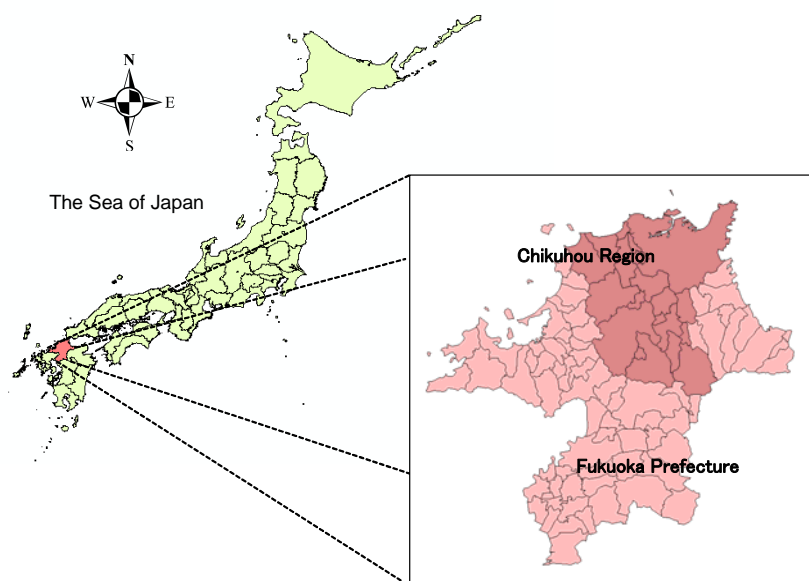


Fig.1 Study Area

100-years is developed using old topographical maps scale 1:50,000 to produce land-use datasets. Geographic Information System (GIS) technology has greatly enhanced the maps production and analyses.

2. GIS Data Source for Land-use Study in Chikuhou Region

Four series of land-use maps of the year 1900, 1950, 1976, and 1997 have been used in order to analyze pattern changes in Chikuhou region. Land-use maps of year 1900 and 1950 have been developed from old topographical maps. Land-use maps of year 1976 and 1997 have been modified from available digital data sets published by Ministry of Land, Infrastructure, and Transport (MLIT) of Japan. In this region, old topographical maps of the year 1900 and 1950 scale 1:50,000 are the only readily available data (**Fig. 2**). Eleven sheets of A2 size maps of year 1900 and year 1950 that covers Chikuhou region have been collected and scanned with 300 dpi resolution. The maps published by Geographical Survey Institute (GSI) have been repeatedly revised with relatively minor modifications in classification so that they are extremely valuable and therefore they have been used as the main data source for the production of land-use data sets. GSI, the national surveying and mapping organization of Japan, holds jurisdiction of the survey act which was established in 1949. The amended Survey Act effective on April 1st 2002 introduced a world geocentric reference system as the geodetic reference system that is “Japanese Geodetic Datum 2000 (JGD2000) instead of the former Tokyo Datum in order to adapt the coordinate system to various high-tech tools using GPS/GIS technology more easily. After the amendment, GSI has changed all the coordinates of their products

based on JGD2000 and make it known to public including governmental organizations and local governments.

Topographical maps scale 1:50,000 of year 1900 and 1950 used former Japanese geodetic reference system “Tokyo Datum”, while land-use maps of year 1976 and 1997 have already adapted JGD2000 as the reference system. In order to get a concurrence analysis result from a series of land-use maps, land-use maps of the year 1900 and 1950 are developed under JGD2000 reference system. The re-projection process of old topographical maps has committed some distortion, which is traditionally related to map scale. The smaller scale will cause the more distortion. The former Japanese geodetic reference system “Tokyo Datum” was basically established in early 20th century. This coordinate system had a large shift to the world geodetic system which amounts to 400-450m. The shift is mainly due to the astronomical determination of the origin of longitude and latitude for the Tokyo Datum. The old geodetic system was also distorted internally by several meters because of different survey methods and accumulated crustal deformation for around 100 years. During georeferencing process to put the scanned map into GIS database, four geodetic coordinates of maps corner have been using as a reference. The georeferencing accuracy could be assured since root mean square error was minimized.

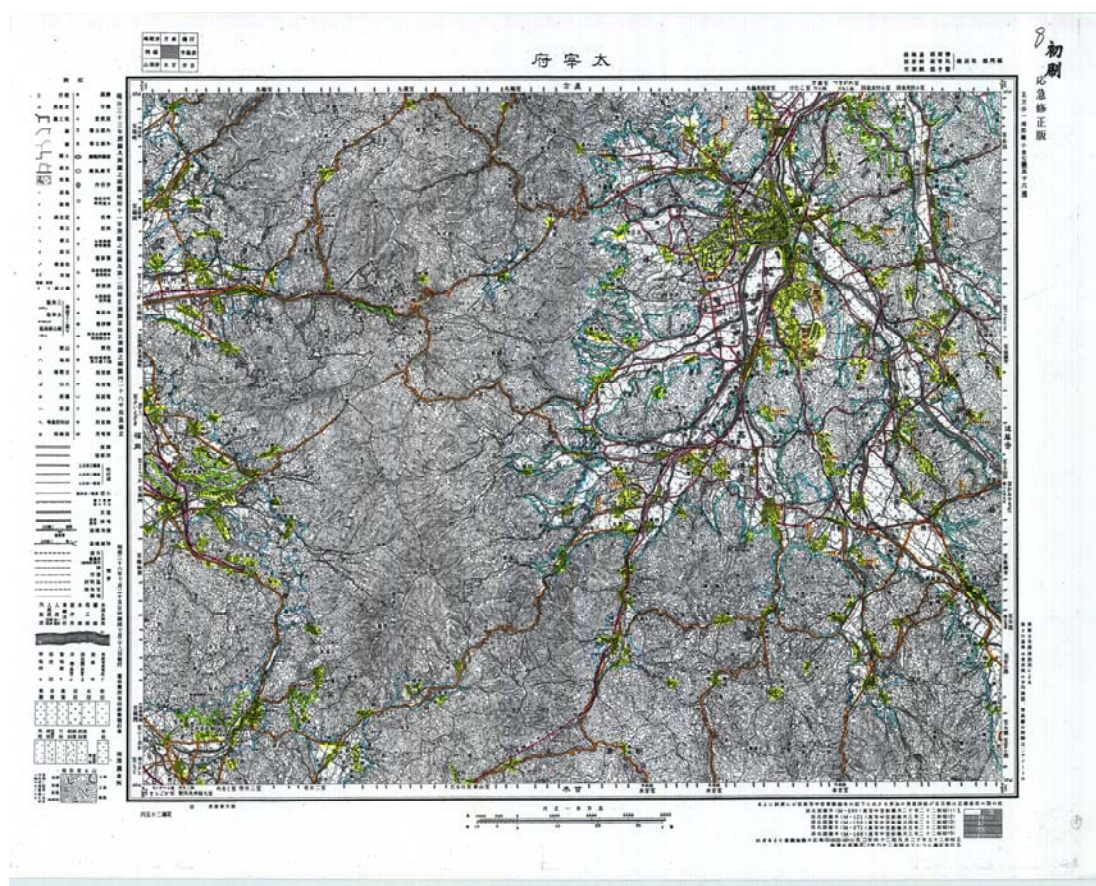


Fig. 2 Topographical Maps scale 1:50,000 of the year 1900

The scale of data also reflects resolution and its relative accuracy on a map: the larger scale will cause the more accurate and detail the data set. Resolution is defined as the size of the smallest features that can be mapped or sampled at a given scale. The resolution of a map is directly related to its scale. A map scale decreases, resolution diminishes and feature boundaries must be smoothed, simplified, or not shown at all. There will be a minimum polygon size and line length that can be represented at a given scale. Since the resolution of objects that can be represented at a 1:50,000 scale is limited, the maps were marked by color in order to distinguish the colonies boundary before digitizing process. Theoretically, the determination of colonies boundary need the accumulation of surveying and mapping experiences, spatial information about the related location such as aerial photograph, and an appropriate interpretation techniques. The positional accuracy of a map is a function of the scale at which a map was created. Typically, maps can be accurate to roughly one line width or 0.5 mm, so the 1:50,000 map could be only positional accurate down to 25 meters and in turn the maximum tolerable error will be 6.25 % or 0.0625 ha within one hectare area.

Another data source available is a digital elevation model of year 1997 published by MLIT. The data visualization represents the topographical surface of Chikuhou region and shows the interaction with physical landforms of land-use data placed upon it (**Fig.3**). Chikuhou region mostly covered by plain area along the river, 5% of the region in the southern part was surrounded by mountains with elevation varies from 300 to 1134 meter above sea level.

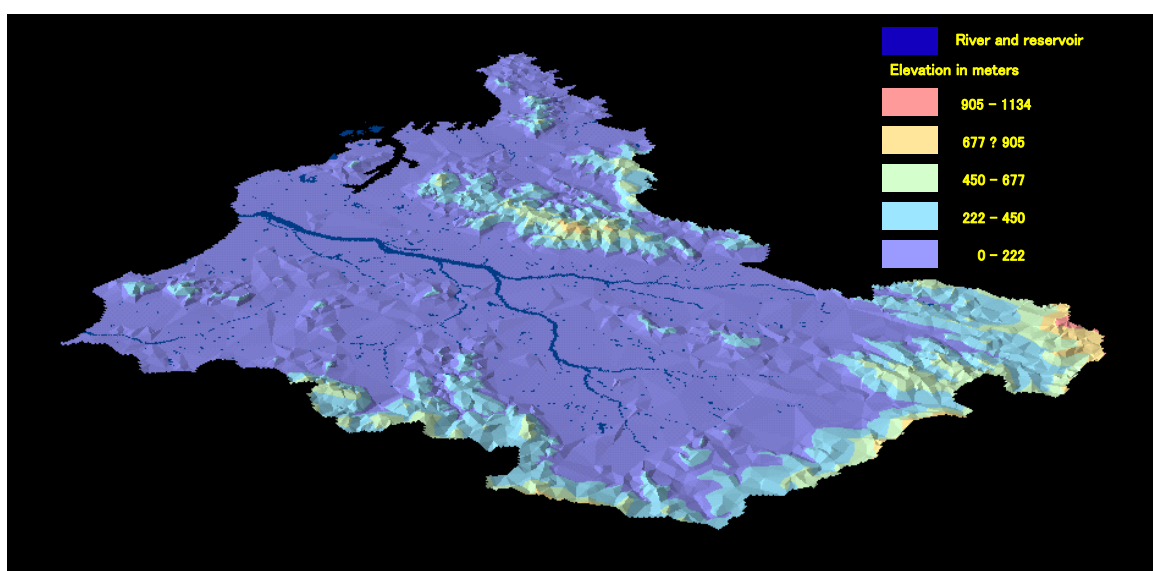


Fig.3. 3D view of digital elevation model of Chikuhou region

3. GIS Methodology of Making Land Use Maps

Fig.4 shows the flow chart of making land-use maps in GIS. The process of developing land-use maps begins with the conversion paper maps into digital data format which is carried out through scanning process. Rectified maps are obtained once georeferencing digital data completed. Georeferencing is a process of assigning coordinates to known points on the scanned-map which can also be easily distinguished in referenced data layer. During georeferencing, four geodetic coordinates of maps corner have been using as references. The rectified maps, which are now in raster format, are digitally extracted by firstly converting it into vector format through onscreen digitizing. An aggregate classification was used to represent the major types of land-use, and a different code is assigned to each class on the attribute table. This operation results polygons of land-use. During digitizing, it is important to make sure that each different polygon perfectly intersect with each other and is assigned appropriate codes.

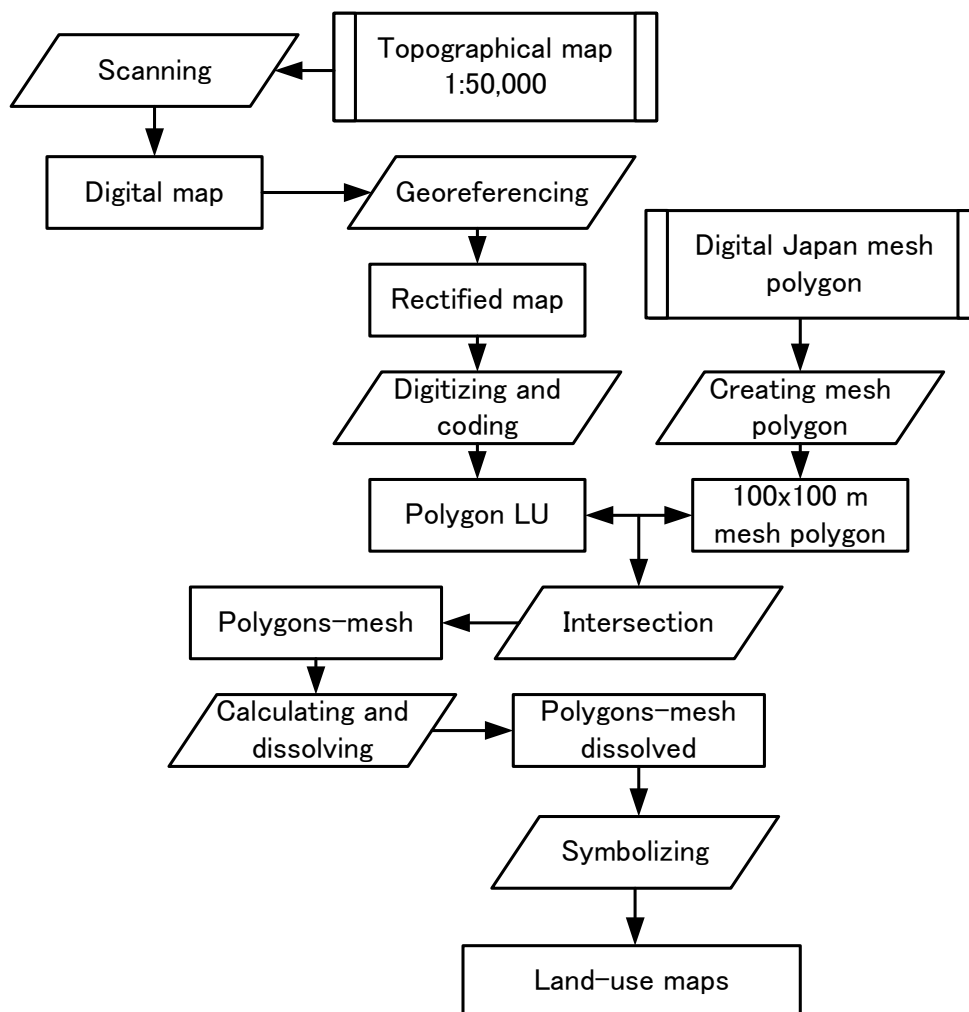


Fig.4 Flow chart of making land-use maps from topographical maps

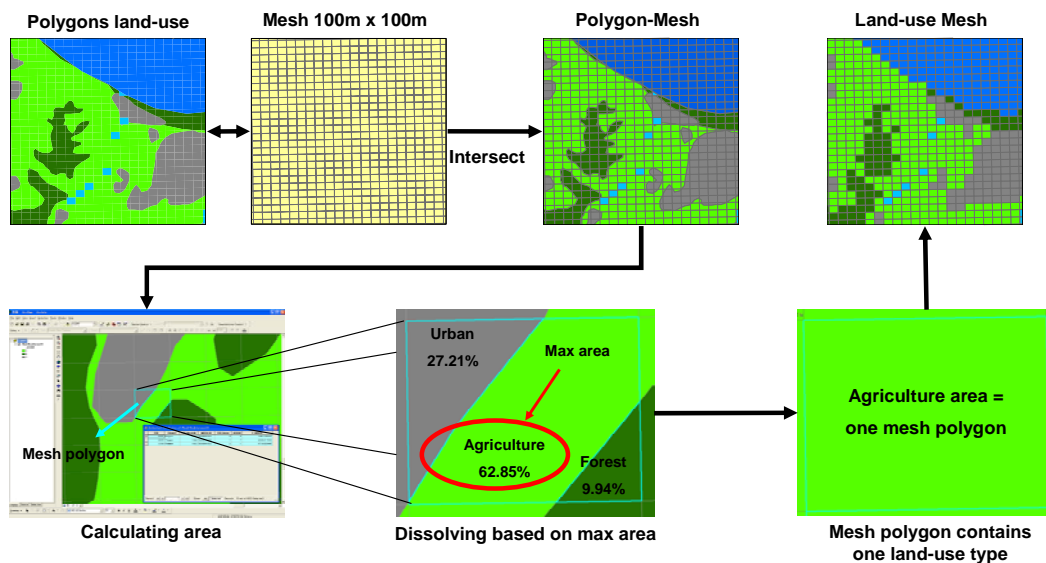


Fig. 5 Illustration of intersecting and dissolving area within GIS

A mesh-polygon of about 100m x 100m zones, which is defined in 1993 by the Japanese government, has been generated automatically using the script. A script is a set of instructions in plain text usually stored in a file that is interpreted or compiled at run time. In addition, GIS operations built under python scripts have supported multiple and iterative geoprocessing tasks. The next process is intersecting polygons of land-use and 100m x 100m mesh polygons. As a result, a polygon-mesh is gained and through the calculating area and dissolving operations, another dissolved polygon-mesh based on maximum area is produced. **Fig.5** illustrates the intersecting and dissolving process within GIS. Land-use map as a final result is completed by symbolizing polygon-mesh based on land-use codes.

By applying a mesh-polygon approach, reading attribute value at mesh-polygon will be done easier. When working with a table to join data from others layers, regular mesh-polygons based on x,y location is found to be useful in modification process.

4. Land-use maps series over 100 years of the Chikuhou region

GIS methodology has been successfully implemented to yield a series of land-use maps of Chikuhou region. **Fig.6** shows land-use maps of year 1900, 1950, 1976, and 1997. With the assumption that river area and shape have not changed over the period, the series of land-use maps are analyzed in order to explain the trend of development that is apparent in this region. Historically, during the period of 1900–1950 the demand for the food supply has caused the extension of rice field, during the period of 1950–1976 mining industries had reached the peak, and urban settlements had grown enormously during the period of 1950-1997.

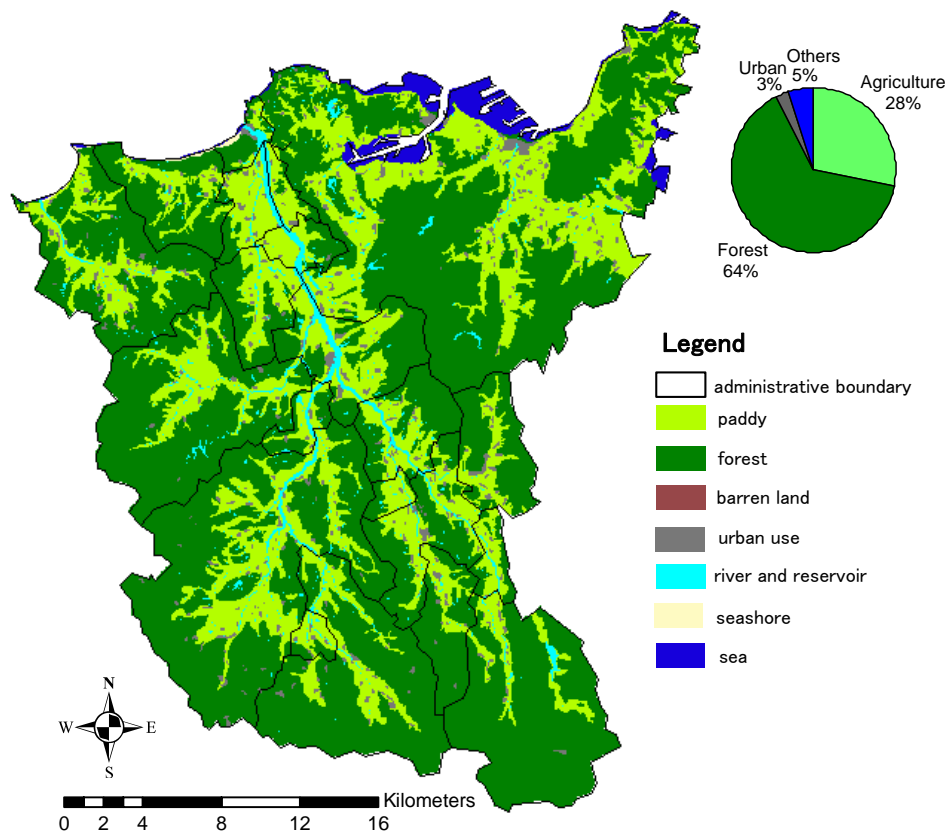


Fig. 6a Land-use Chikuhou 1900.

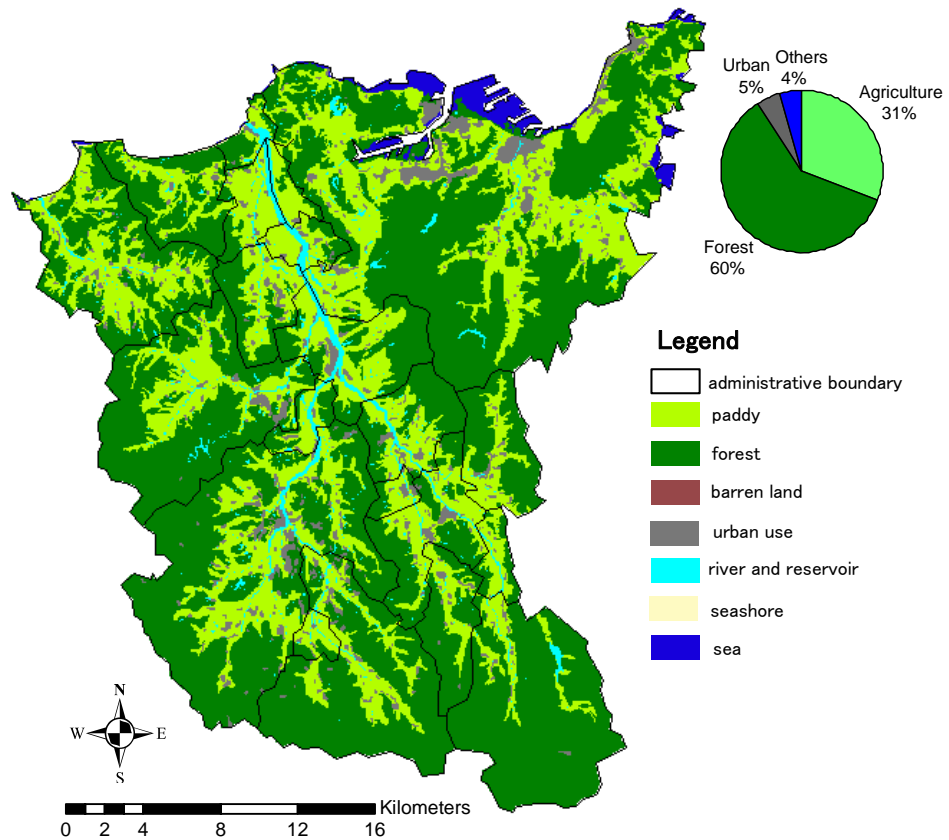


Fig. 6b Land-use Chikuhou 1950.

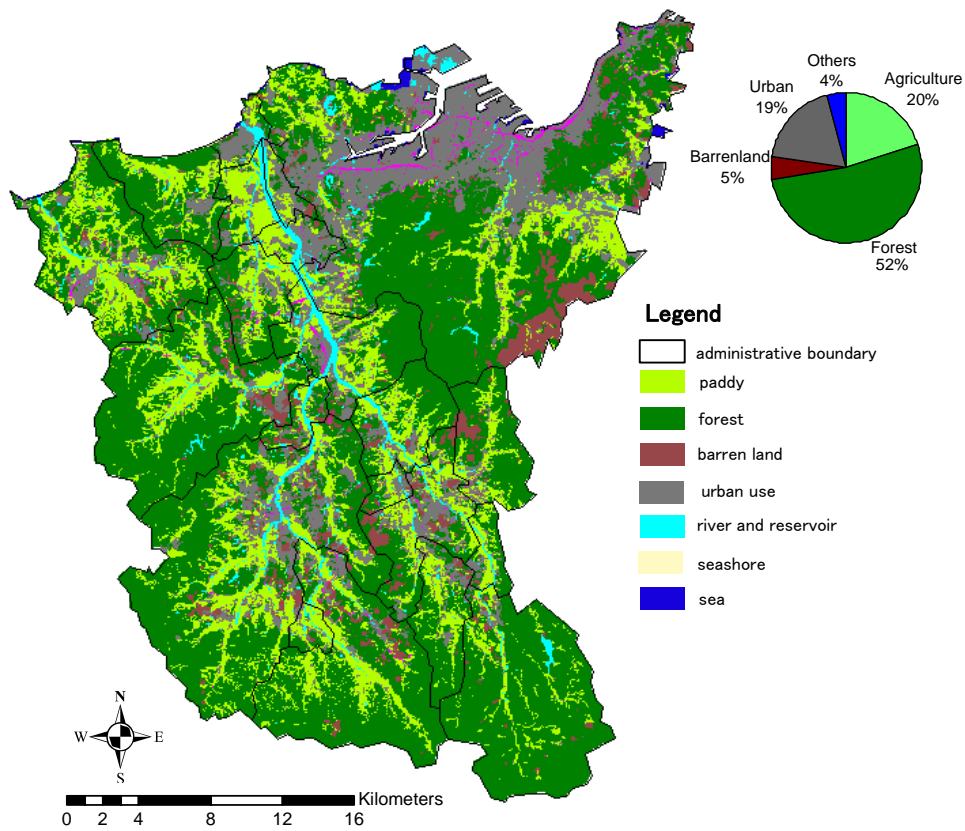


Fig. 6c Land-use Chikuhou 1976

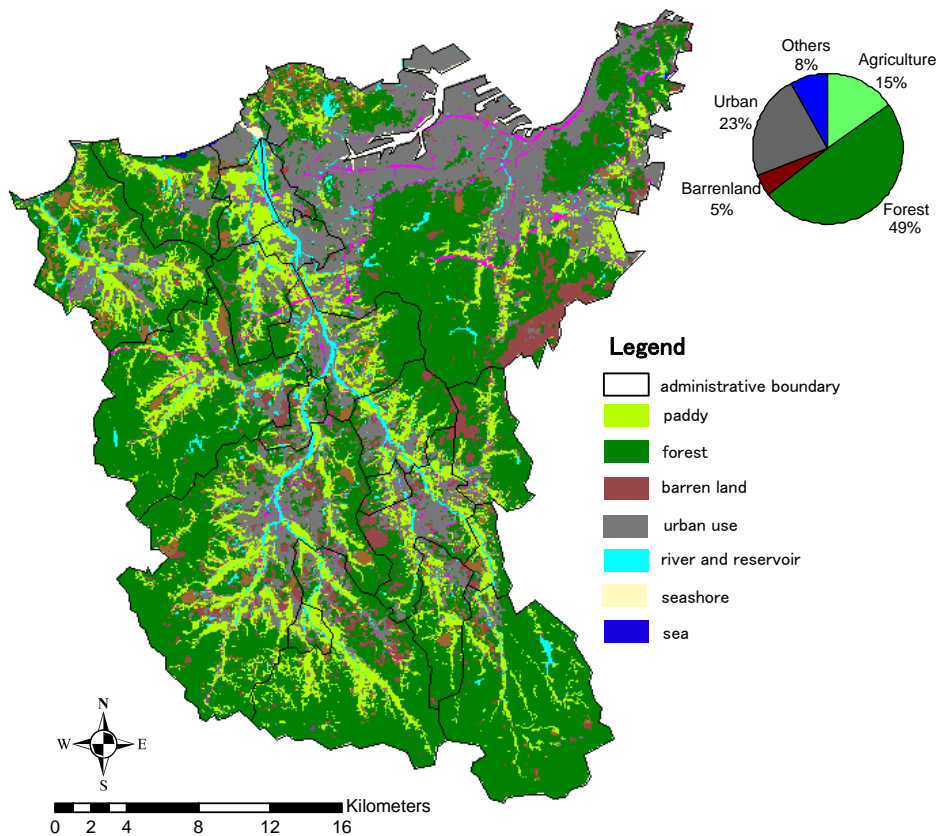


Fig. 6d Land-use Chikuhou 1997.

Since year 1900, the significant agricultural development has been found mostly in the plain area along the river. Agricultural land occupies 15% of the region at present, indicating a major decrease from 28% in the beginning of the century. Urban area occupied only 3% of the region in the beginning of the century, but has increased 23% up to the present. Urban settlement has significantly expanded in the northeastern part of the region, while it also expanded in the area of underground coal mines excavation. The mountain area surrounded the southern boundaries of the Chikuhou region has not shown any significant changes from the original land-use since the beginning of the century. The mountain area mostly covered by forest that has an extreme elevation up to 1134 meter above sea level. Forest area, which is covered more than half of the region, has not changed very much since the year 1900. It has decreased notably during 1950 and 1976 in the northern part of the region, where agricultural and mining development has progressed.

In order to calculate changes from one land-use type to the other at a different date, the amount of mesh polygons from each land-use type is summed, then those features for which the land-use codes are not equal—that is, the category at the first date is different than that at the second date. With the assumption of one mesh polygon of about 100m x 100m is equal to one hectare, the changes area is calculated from the difference between mesh polygon values. **Table 1** describes urban development during the period 1900-1997. Urban expanded to agriculture is 30.73% from total agricultural area and urban expanded to forest is 13.37% from total forest area. The illustration of the percentage of pattern changes can be seen in **Fig.7**. Barren land occurrence during the period of 1950-1997 is shown in **Table 2** and illustrated in **Fig.8**. Barren land has expanded accordingly to 3.66%, 7.70%, and 1.93% from total area of agricultural, forest and urban. From digital geological map of Chikuhou region shown in **Fig.9**, some barren land area in the northeastern part has recognized as limestone material. Yet the barren land appearance in some part inside the former underground coal mine excavation has been an indication of land abandonment due to past mining activities.

Table 1. Urban development period 1900-1997

Period	Agriculture to urban use (ha)	Forest to urban use (ha)
1900-1997	18047	14414

Table 2. Barren Land (BL) Occurrence during period of 1950-1997

	Agriculture to BL (ha)	Forest to BL (ha)	Urban use to BL (ha)
1950-1997	2016	7855	769

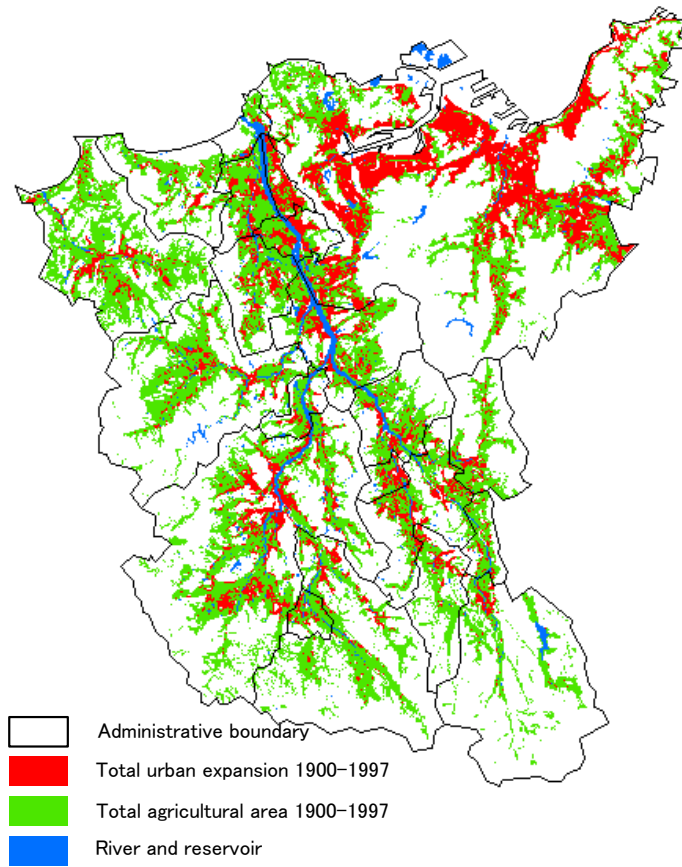


Fig.7a Urban expands agricultural area.

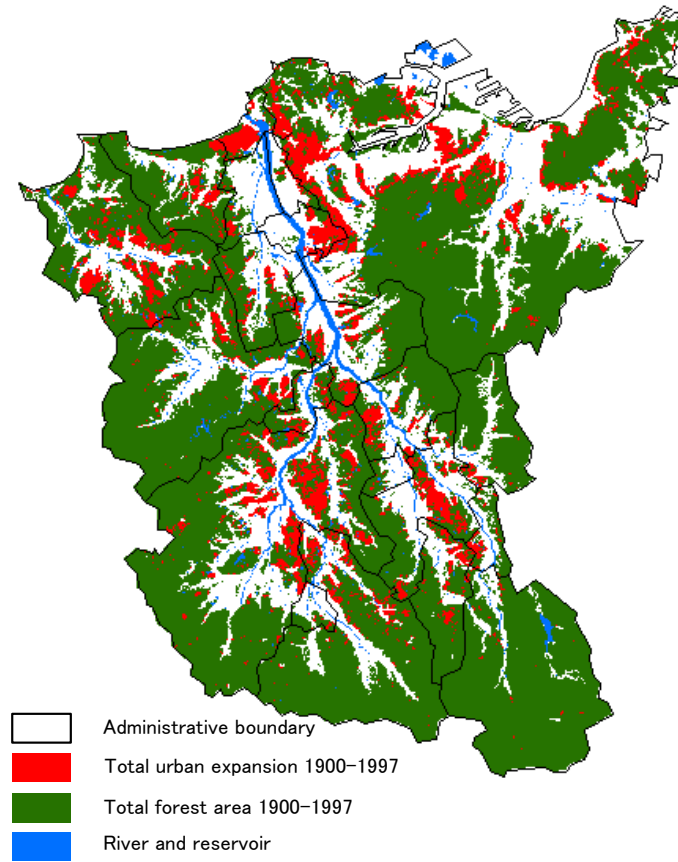


Fig.7b Urban expands forest area.

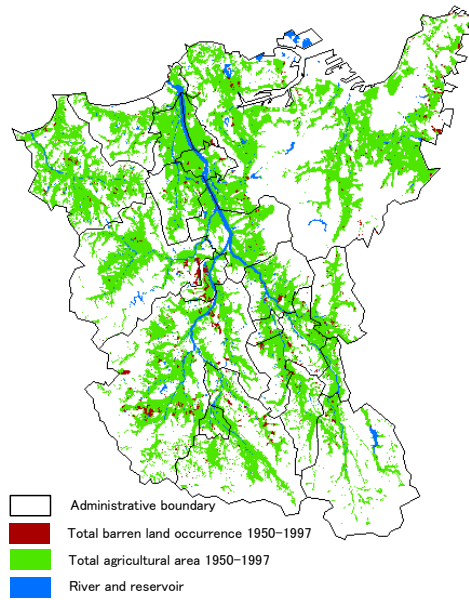


Fig.8a Barren land expands agricultural area.

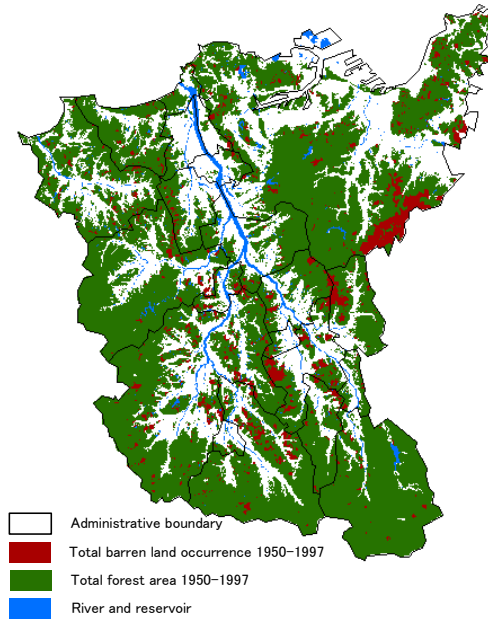


Fig.8b Barren land expands forest area.

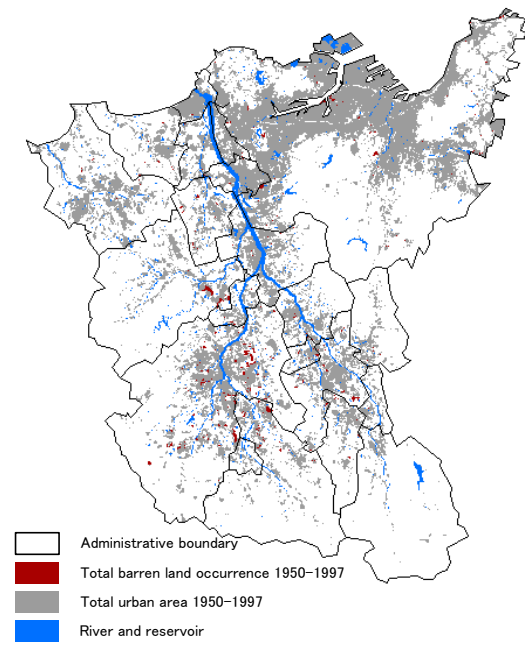


Fig. 8c Barren land expands urban area.

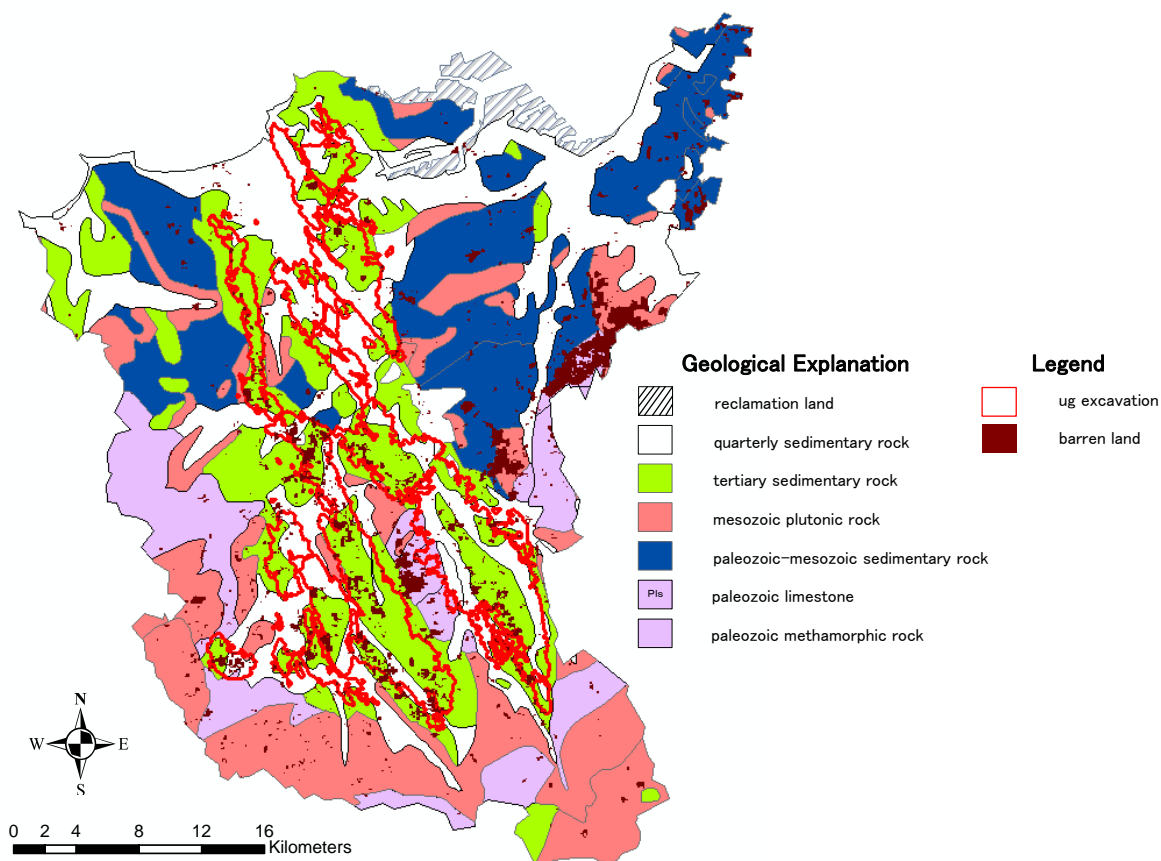


Fig.9 Geological explanation of Chikuhou region

5. Conclusions and Discussions

A series of land-use maps over the last 100-years has been developed, based on 1:50,000 old topographical maps. By applying GIS technology, the process of making land-use map which could not be handled in the past, has been made possible to be carried out in the present time. The method is considered to be valuable and applicable because it allows a fast calculation of land-use areas through the intersection with mesh polygons of about 100m x 100m. Moreover, it provides organized steps as a guideline in producing a series of land-use maps. This research has also been successful in outlining how the land-use data sets have been sufficiently used for analysis regional area and explaining what has been happening in the region during the past 100 years. Through the development of land-use maps series, the history of regional development can be recognized and understood and in turn, will be a basic for the remediation plans. Barren land area illustrated in Fig.9, particularly those which located inside the former underground mine excavation, can be considered as remediation sites for land-use planning in the future. Further research has to be carried out in order to find the best method to determine the appropriate land-use boundary from old topographical maps.

References

- Genske, D. 2003. Urban Land: Degradation, Investigation, Remediation. Springer, Germany.
- Esaki,T et al. 2003. Land Degradation through Developments and Its Remediation. Macro Review Special Issue: The Review of Japan Macro-Engineers Society Vol. 16, No.1, 2003 (Serial No.25): 21-26.
- Weinberg, A. 2000. Urban Recycling and the Search for Sustainable Community Development. Princeton University Press, USA.
- Tomlinson, R. 2003. Thinking About GIS: Geographical Information System Planning for Managers. ESRI Press. Redlands, California.
- Himiyama, Y. 1998. Land use/cover changes in Japan: from the past to the future. Hydrological Processes 12, 1995-2001. Hokkaido University of Education, Asahikawa 070-8621, Japan.
- Balkau, F. 1999. Abandoned Mine Sites. Problems, Issues and Operations. Paper on the Berlin II Roundtable on Mining and the Environment. Germany.
- Decker, D. 2001. GIS Data Sources. John Wiley & Sons. USA.
- Mitchell, A. 1999. The ESRI Guide to GIS Analysis Volume 1: Geographic Patterns & Relationships. ESRI Press, California, USA.
- Geographical Survey Institute (GSI) Government of Japan. 2004. The New Geodetic Reference System of Japan: Its adoption and application to our products. Bulletin of the Geographical Survey Institute, Vol.50 March 2004.
- Fukuoka Prefecture News 2006. Bulletin
- Ministry of Land Infrastructure and Transport Japan: <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>

AUTHOR INFORMATION

Name: Marisa MEI LING

Title: Doctoral Student

Organization: Institute of Environmental Systems, Kyushu University

Address: 744 Motooka, Nishi-ku, Fukuoka-shi, JAPAN 819-0395

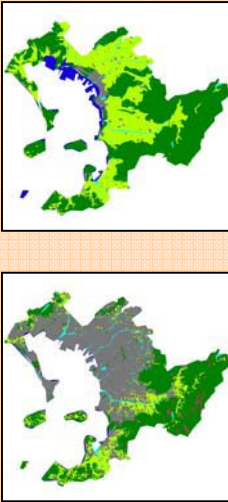
Telephone: +81-92-802-3398

Fax number: +81-92-802-3396

E-mail address: marisa@ies.kyushu-u.ac.jp

福岡県の土地利用図の作成

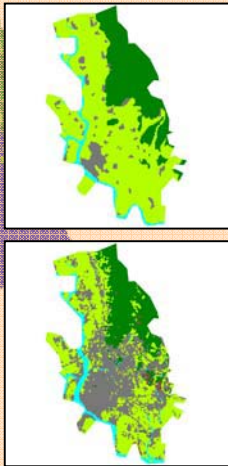
福岡市



Year	農地	森林	市街地	河川	海浜	海域	荒地
1900年	35	52	4	1	0	0	7
1997年	12	3	46	1	0	0	38

明治時代初期まで博多と福岡は共存していたが、1876年に地域区分の再編によって「福岡」(ふくはく)という一つの地域区分とされた。さらに1878年、郡区町村編制法の施行により福岡が福岡区に改称された。1889年に市町村制度の施行に伴い福岡区が市制を施行した後、福岡市は県の中枢として目覚ましい発展を遂げ、九州の商業ビジネスの中心として九州一の人口都市となった。土地利用の割合も農地・森林の割合が多かった明治時期に比べ、平成期になると都市部の割合が著しく多くなっているのがわかる。

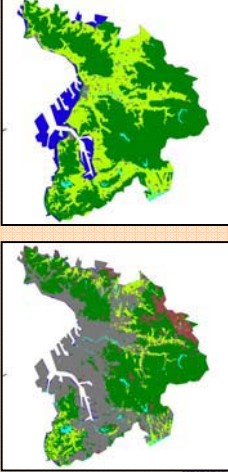
久留米市



Year	農地	森林	市街地	河川	海浜	海域	荒地
1900年	60	27	7	0	0	0	6
1997年	33	20	33	0	0	0	14

古くから染物工業の盛んな久留米市であるが、その伝統技術に第一次世界大戦後のドイツから伝わったゴムの加工技術を取り入れた地下足袋のヒットから、ゴム製品の技術改良が進み、タイヤやチューブの生産が行われるようになった。石橋家(現在のブリヂストン)が大規模な工場を建設して事業を拡大し、都市域の全体に対する割合が1900年から1997では5倍になるなど、大きな発展を遂げた。

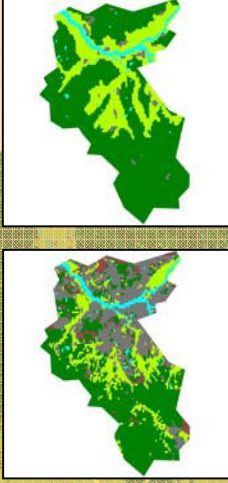
北九州市



Year	農地	森林	市街地	河川	海浜	海域	荒地
1900年	30	60	9	0	0	0	1
1997年	9	0	41	0	0	0	50

日清戦争(1894年)後に軍需拡張のため鉄道の需要が増えるとともに、八幡町の人口3500人に対し八幡製鉄所だけの従業員数が操業開始時から5年後には8000人を超えるなど、当時としては日本有数の工業地帯となった。しかし、エネルギー革命や産業構造の変化により多くの炭鉱は閉鎖された。跡地は荒地として放置されており、その割合は1997年で他地域と比較して大きくなっている。

飯塚市



Year	農地	森林	市街地	河川	海浜	海域	荒地
1900年	25	69	2	0	0	0	4
1997年	17	44	29	0	0	0	10

北九州市や久留米市などの大都市の中間地点であり、都市間の連絡の拠点として栄えた。また、北九州市と並び、日本屈指の炭鉱地帯として人口は増加。エネルギー革命後は炭鉱の跡地を整備し、企業の誘致や施設を新設して新たな発展を遂げている。

- 凡例**
- 農地
 - 森林
 - 市街地
 - 河川
 - 海浜
 - 海域
 - 荒地

本テーマでは1900年の福岡県の地図から種々の情報を抽出し、土地利用別にメッシュポリゴンデータを作成した。まず、1900年の福岡県の紙地図をもとに、森林・市街地・河川・農地・海浜をそれぞれポリゴン化した。次に、そのポリゴンの境界線を修正したのち、100m×100mメッシュポリゴンデータに変換した。その後、すべての地域のメッシュデータを統合し福岡県全域の土地利用別メッシュポリゴンを作成した。土地利用別のメッシュ数から面積計算、集計を行うことで土地利用状況を定量的に捉え、既存の1997年の土地利用別メッシュポリゴンと比較することにより、時代間の土地利用の変化を定量的に知ることができる。またそれらの時代背景と照らし合わせることで、都市域の拡大状況と森林の減少程度などを考察し、将来の展望を推察することも可能となる。

助成研究者紹介

えきまき てつろう
江崎 哲郎

現職：九州大学大学院工学研究院 教授，工学博士

主な著書：「GIS の防災・環境への適用」，地盤工学会，p.165，2007（編集委員長）

いけみ ひろあき
池見 洋明

現職：九州大学大学院工学研究院 助教，博士（理学）

主な著書：Sulphur isotope evidence of an oxic Archaean atmosphere, *Nature*, Vol.442
pp.908-911, 2006.8（共著）

DEVELOPMENT OF A LAND-USE MAP SERIES OVER 100 YEARS AND A 3-D QUANTIFICATION METHOD OF LAND SURFACE FEATURES

Esaki, T. and Ikemi, H.
Institute of Environmental Systems, Kyushu University

For environmentally sound and sustainable land-use planning, it is necessary to recognize the history of regional land spatiotemporally. Although one of methods for obtaining descriptions of land surface transitions is the analysis of changing patterns from past and current land-use maps, land-use maps have been systematically developed since 1976, only 30 years ago, in Japan. Also, most of conventional land-use analyses were done using two dimensional surface models.

We have established a land-use map series over 100 years in Fukuoka as a study area and developed a method to evaluate land-use transition in three dimensions with the Geographic Information System (GIS) technology.

The past land-use sections (forest, agriculture, urban, barren land, river, sea shore, and sea area) have been traced from 1/50,000 topographical maps published in 1900 and 1950 and compiled into mesh-based (~100m) database with 1976 and 1997 values. The developed land-use map series makes it possible to provide analysis of land-use transitions well.

A solid angle database has been established to evaluate land surface features in three dimensions. The solid angle has been calculated in each visible grids obtained from conventional GIS functions using 1km-DEM. The developed database allows to abstract land-use area on each 1km-grid for the whole study area (4974km²).

KEYWORDS: *GIS, mesh-based land-use maps, solid angle, Fukuoka*

研 究 成 果 の 要 約

助成番号	助 成 研 究 名	研 究 者 ・ 所 属
第2006-6号	100年前の土地利用図の作成および 地表空間の立体的定量化方法の開発	江崎 哲郎・九州大学
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>20世紀わが国では経済の発展，都市化などによって広大な自然の森林や農地が都市的土地利用に転換された。また，都市内では多くのインフラが整備され建物の集中，高層化が進んで都市空間の密度が高くなっている。土地は有限な資源であり，有効に利用されねばならない。自然環境保全の立場からも土地の再生・有効な利用は重要な課題である。そのためには過去にその土地がどのように利用されたかを時間的・空間的に把握することが，将来のあるべき土地利用計画を考える上で重要である。</p> <p>本研究は，GISを用いて，国土交通省により国土数値情報として整備された1976年からの基準地域メッシュの1/10細分土地利用メッシュ（一辺約100m）と比較できるレベルの100年前および50年前の土地利用図を作成する方法および地表空間を立体角により3次元的に評価する方法の2つの方法を確立し，過去100年間の土地利用の変化に伴う地表空間の変遷を多次元的に明らかにすることを目的とした。</p> <p>土地利用図の作成方法については，大都市や農村の対比が行える福岡県を対象地域として，1997年，1976年，1950年および1900年を対象年代として行なった。1976年，1997年の土地利用図は，国土数値情報の土地利用メッシュデータをもとにGISデータに変換し，土地利用区分を7区分に再分類した土地利用図を作成した。1950年（50年前），1900年（100年前）の土地利用図は，国土地理院が公開している5万分の1スケールの旧版地形図を使用し，国土数値情報の作成要領である「土地利用調査作業要領」および旧版地形図の地類境界をもとに作成を行なった。その中で，旧版地形図の謄本の不鮮明さ，地図記号の違い，さらに原資料のスケールの違い等の問題から，基本とした作業要領について，旧版地形図に適応する場合において，別資料または現地調査により，河川，荒地も含め土</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>地利用境界の検討が必要であるとの認識に至った。このため土地利用調査作業要領での土地利用図作成と同時に，この検討を進め，段階的に土地利用図を修正できる作成手法および土地利用作成のためのpythonスクリプトの検討，開発を行った。</p> <p>この方法により作成した土地利用図は1900年の福岡県全域と1950年の筑豊地区周辺地域であるが，各年の土地利用メッシュの土地利用コードを集計した結果，旧版地形図の位置座標のずれや不鮮明さに起因すると考えられる約0.2%程度の誤差が海域との土地利用境界部分に確認できた。同程度の誤差は他の土地利用境界部分にも予想されるため，旧版地形図からの土地利用図の精度について検討する必要がある。</p> <p>立体角による地表空間の3次元的评价においては，一般的なGISの機能である可視領域，傾斜角，傾斜方向の算出と連携して行なう立体角計算のスクリプトを開発した。このスクリプトを用いて福岡県全域を1kmメッシュ（約5000要素）で分割した各グリッドを視点とした可視領域の立体角のデータベースを，国土地理院空間データ基盤の50mメッシュ標高データを用いて構築した。</p> <p>本研究により作成した1900年の土地利用図は，森林や農用地という自然資源を消費しながら拡大していった都市化の様子を時空的に明らかにしているなど，その有効性が確認できた。しかしながら，GISを用いて，より定量的に土地利用の変遷を解析するためには，土地利用図の精度の検討も含め，残された課題を解決する必要があることも明らかとなった。今後，これらの課題を検討・解決していき，土地利用図の作成手法の最適化を進め，さらに本研究で構築した立体角データベースを適用させ，多次元的な地表空間の解析を行うことのできる信頼性の高い方法・手順の確立が期待できる。</p> </div> </div>		