迅速測図をはじめとする各種地図の GIS 解析による 茨城県南部における農村土地利用の時系列変化の研究

Time Series GIS Analysis of Rural Land Use Change in Southern Ibaraki Prefecture with Historical Maps Starting with Rapid Survey Maps

デイビッド・スプレイグ* 岩崎 亘典*
David S. SPRAGUE Nobusuke IWASAKI

Abstract : In order to carry out a time-series analysis of rural land use change covering 120 years in a research area in southern Ibaraki Prefecture, this study carried out a GIS overlay analysis of maps representing the 1880s, 1910s, 1950s, 1980s, and 2000s. The earliest were the Rapid Survey Maps and the latest were the Ministry of Environment vegetation maps. Land use changes that occurred between time periods were classified into no change, change among rural land uses (such as between woodland and fields), and change into urban land uses. From the 1880s to the 1950s, most land use changes occurred between rural land uses. From the 1950s, land use change into urban uses became prominent. The rural land uses differed in the temporal trends of increase or decrease, and in the time periods when they reached the maximum proportion in the map area. Large grasslands appear prominently in the study area in the 1880s, but no longer appear in subsequent time periods. Woodlands and rice paddy reach the highest proportion of the study area in the 1910s, fields in the 1950s, and residential areas in the 2000s.

Keywords: rural land use, land use change, time series analysis, Rapid Survey Maps, GIS

キーワード: 農村土地利用, 土地利用変化, 時系列分析, 迅速測図, GIS

1. はじめに

歴史の変遷とともに様々な理由で景観の変化は発生する。そのため、景観変化は一定の傾向性を示すものではない。土地利用の重要な地目が増減するのみならず、一時期重要であった地目が完全に消滅し、新しい地目が景観を占める場合もありうる。また、景観の変遷を引き起こす主要な土地利用変化の内容も時期や時代によって様々である。さらに、変化を測る原点をどの時代に置くかによって、変化の方向性や程度の評価は大きく異なってくる。

これらの事実は日本の農業環境にも当てはまるが、日本の場合は 19 世紀末期から近代測量法による広範囲の地図が作成されるようになったために、地図データをもとに時系列で土地利用の変化を把握することが可能である。特に、日本の近代的地図の歴史の原点である明治初期に測量された迅速測図により、約 120 年間にわたる関東平野における農業環境の変動が把握できる。明治初期は日本の農村がまだ多くの自然資源を自給し、かつ都市部に自然資源を供給していた時期に相当するので、田畑だけではなく、当時の農業を支えた樹林地や草地も含めた日本の農村の姿を迅速測図は詳細に示してくれる。1991 年に出版された迅速測図の復刻版¹⁾をもとにした研究は盛んに実施され、関東平野の環境史^{2), 3)}、とりわけ樹林地^{4~8)}や草地^{9), 10)}に関する研究が発表されている。地理情報システム (GIS) による迅速測図の研究^{6)~8), 11)~13)}も多数存在する。しかし、迅速測図から現在までの多時期を対象にした GIS による量的な解析⁸⁾はまれである。特に、明治初期には、湿性、乾性を問わず草本や灌木が広範囲にわたり分布していたことが知られているが²⁾、そのような地域を対象とした多時期における土地利用変化を解析した研究はない。

そこで、本研究では明治初期に草地が広く分布していたことが明らかとなっている¹¹⁾茨城県南部牛久市周辺を対象として、1880 年代から 2000 年代までの農村土地利用の時系列変化を把握し、地目の変動及び主な土地利用変化の割合と、その傾向を明らかにした。

2. 解析方法

5 時期の迅速測図、地形図及び植生図を GIS に取り込み、共通の座標系 (UTM 座標, 日本測地系) に合わせ、重ね合わせ処理を行った。

解析に使用した地図と、それらが代表するとした年代は、

1) 1880 年代: 迅速測図, 明治 14 年 (1881 年) 測量, 縮尺 1/20,000。なお、茨城県南部を描く 2 枚の隣接する迅速測図の図幅「牛久村」と「岡見村」を連結して解析対象地域とした (図-1)。各図幅は縦 5.2km 横 4.2km なので、調査地域の面積は 4,277ha となった。

2) 1900 年代: 国土地理院地形図「龍ヶ崎」, 明治 36 年測量 (1903 年) (大正 2 年鉄補), 縮尺 1/50,000。

3) 1950 年代: 国土地理院地形図「牛久」昭和 32 年測量 (1957 年) 及び「藤代」昭和 27 年測量 (1953 年) 発行, 縮尺 1/25,000。

4) 1980 年代: 環境省第 3 回自然環境保全基礎調査現存植生図, 昭和 56 年発行 (1981 年), 縮尺 1/50,000。

5) 2000 年代: 環境省第 6・7 回自然環境保全基礎調査現存植生図, 平成 14 年作成 (2002 年), 縮尺 1/25,000。

迅速測図は平板測量されているが、緯度経度などの位置情報は

図-1 調査対象地域がかかる現在の市町

* (独) 農業環境技術研究所生態系計測研究領域

表－１ 年代間毎の土地利用変化の種類（図幅面積の％）

	1880－1900			1900－1950		
	農業的	都市的	無変化	農業的	都市的	無変化
水田	3.2	0.2	10.1	5.7	0.2	11.3
畑	7.5	1.7	9.8	7.1	1.1	12.2
果樹園	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
樹林地	7.6	1.1	31.5	19.6	1.3	30.6
草地	17.3	0.2	0.9	1.1	0.0	0.0
湿地	1.0	0.1	0.0	0.4	0.0	0.4
水域	2.6	0.0	2.3	1.2	0.0	1.2
市街地	0.8		1.8	2.0		3.2
合計	40.0	3.3	56.6	37.1	2.8	58.9
	1950－1980			1980－2000		
	農業的	都市的	無変化	農業的	都市的	無変化
水田	3.7	1.5	10.7	3.8	0.4	8.7
畑	6.1	9.2	17.7	6.8	5.6	14.6
果樹園	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
樹林地	10.6	11.3	19.6	7.7	4.6	14.3
草地	0.4	0.1	0.0	0.7	0.2	0.9
湿地	0.8	0.0	0.4	1.6	0.0	0.9
水域	0.4	0.4	0.9	0.0	0.0	2.1
市街地	1.7		4.2	7.1	0.0	19.8
合計	23.7	22.7	53.5	27.7	10.9	61.4

注：灰色は図幅面積の5%以上を占める変化の種類

無く、投影法は使われていない。そこで、迅速測図と UTM 図法の地形図との共通地点を 2 枚の図幅のそれぞれに 4 点選択し、幾何補正したあとに 2 枚を連結した。多面体図法の地形図は緯度経度を UTM 変換して使用した。現存植生図は GIS 形式で提供されているのでそのまま使用した。

5 時期の凡例は土地利用項目毎に再分類して、相互の比較ができるようにした。土地利用項目は、迅速測図に施されている土地利用の色彩に対応する水田、畑地、果樹、樹林地、草地、湿地、水域、市街地（集落）とした。なお、迅速測図の草地は「草」と「灌」と示された地域である。地形図の草地は「荒地」に相当する。現存植生図の場合、草地はススキなど草本類を示す項目をはじめ、牧草地、路傍雑草群落、ゴルフ場等、そして樹林地には竹林を含む。市街地は迅速測図と地形図の集落や住宅地、現存植生図の緑の多い住宅地、造成地や工場等の都市的な土地利用を含む。

GIS 解析はベクトル形式で行ったが、そのために各地図内で土地利用の境界線を確定する必要があった。迅速測図の場合は土地利用境界の殆どが道と一致するので、道をデジタル化して GIS に取り込み、土地利用境界とした。地形図は農地と集落に境界線が示されていたが、樹林地と荒地はその記号が示されているのみで通常は境界線がない。しかし、針葉樹、広葉樹、混合林、荒地のうち単一の記号のみが道路などによって形成されるポリゴン内に記されている場合は、ポリゴン全体を樹林地または荒地とした。複数の種類の記号が一つのポリゴン内に記されている場合は、記号を点としてデジタル化し、その周りに Thiessen ポリゴンを生成させ、各土地利用の範囲とした。現存植生図はベクトル形式の GIS データとして環境省から提供されているので、そのまま使用した。

GIS で 5 時期の地図を一枚の地図に統合する重ね合わせ処理を行った。得られた結果は、各時期間で土地利用項目毎にチェンジマトリクスを作成したうえで、5 図幅を比較し、土地利用変化の回数（最高 4 回）、どの土地利用項目の間で変化が多く発生するかの傾向、および各時期の土地利用の構成を明らかにした。なお、地図の縮尺や土地利用の描き方は多少異なるので、主に図幅面積の 5 % 以上を占めた変化を対象に結果を報告する。

3. 結果

約 120 年間の間に調査地域の多くで土地利用の変化が発生し、面積割合としては 4 回の変化は 5.8%，3 回は 19.4%，2 回は 31.0

表－２ 年代毎の土地利用割合（％）

	1880	1900	1950	1980	2000
水田	13.6	17.2	15.9	13.0	10.7
畑	19.1	20.4	33.0	27.1	21.6
果樹園	0.0	1.3	0.3	0.0	1.0
樹林地	40.2	51.6	41.5	26.6	20.8
草地	18.5	1.1	0.5	1.9	9.9
湿地	1.0	0.9	1.2	2.5	1.5
水域	5.0	2.4	1.6	2.1	3.8
市街地	2.6	5.2	6.0	26.9	30.7

％で、1 回は 26.0％、無変化の地域は 17.8％であった。

年代間毎で見ると、いずれの年代間でも図幅面積の約 40％が変化していた（表－1）。変化面積が最も多かったのは 1950 年代から 1980 年代で、46.5％が変化していた。しかし、現在の土地利用が決定される変化があったのは 1980 年代から 2000 年代の割合が最も多く、図幅の 38.6％を占めていた（図－2）。ついで、1950 年代から 1980 年代が 26.4％、1910 年代から 1950 年代が 11.2％、1800 年代から 1910 年代が 6.0％であった。

さて、調査地域を含む茨城県南部は農村地帯であると同時に、首都圏のベッドタウンとしても発展したので、土地利用変化には農業の変遷にともなうものと、都市化によるものが存在すると想定された。そこで、図幅間で見られる土地利用変化を、無変化、その他の農業的土地利用への変化（例えば畑地から樹林地）、そして都市的土地利用への変化（市街地への変化）の三つに分類した。すると、1880 年代～1900 年代および 1900 年代～1950 年代の期間に発生した土地利用変化はその殆どが農業的なものであったが、1950 年代以降には都市的变化が顕著になった（表－1）。

地目毎の変化の傾向を見ると、調査地域内に占める割合が最も大きい時期が異なっていた。主な土地利用の内、草地は 1880 年代、水田と樹林地は 1900 年代、畑は 1950 年代、市街地は 1980 年代から 2000 年代にそれぞれ面積割合のピークを示した（表－2）。

図－3 に各年代の土地利用図とともに、図幅面積の 5 % 以上を占めた特定の地目の間で発生した土地利用変化を示した。1880 年代～1900 年代には草地が樹林地へ変化した地域が図幅面積の 1 2.2％、樹林地が畑地へと変化した地域が 5.4％、畑地が樹林地へと変化した地域が 5.3％を占めた。1900 年代～1950 年代にかけて樹林地と畑地が相互に変化している箇所がさらに目立った。樹林地から畑地への変化は 17.1％、畑地から樹林地への変化は 5.5％であった。1950 年代～1980 年代には樹林地が畑地へ変化する傾向が継続し、これは図幅面積の 7.7％を占め、その逆は 5.2％であった。しかし、この時期から畑地と樹林地の多くが市街地へと変換し、畑から市街地は 9.2％、樹林地から市街地は 11.3％で

■ 1980年-2000年 ■ 1900年-1950年 □ 変化なし
■ 1950年-1980年 ■ 1880年-1900年

図－２ 最終変化の年代

土地利用：1880年代

土地利用：1910年代

土地利用：1950年代

土地利用：1980年代

土地利用：2000年代

土地利用変化の種類：1880年代－1910年代

土地利用変化の種類：1910年代－1950年代

土地利用変化の種類：1950年代－1980年代

土地利用変化の種類：1980年代－2000年代

土地利用

- 水田
- 畑地
- 果樹
- 樹林地
- 草地
- 湿地
- 水域
- 市街地

0 0.5 1 2 3 4 km

土地利用変化の種類

- 草地 → 樹林地
- 畑地 → 樹林地
- 樹林地 → 畑地
- 畑地 → 市街地
- 樹林地 → 市街地

図－3 年代毎の土地利用図及び主な土地利用変化の種類

あった。1980年代以降もその傾向は続き、畑から市街地は図幅の5.6%を占めた。樹林地から市街地への変化は4.6%と、5%には満たなかったが、図-3に示した。

水田はいずれの時期においても変化面積が少なかったため、図-3の土地利用変化の種類の図には現れなかったが、土地利用図を見ると、1880年代では未開発であった牛久沼や河川沿いの低地や湿地が水田として開墾された箇所がその後の時期に見られる。しかし、おおむね水田は変化が最も少ない地目の一つであり、1880年代の水田の約41.5%は2000年代には依然として残っていた。

そして、1880年代から2000年代まで変化せずに残った地域の31.6%は水田であった。また、2000年代に1880年代から変化せずに残った地域の20.6%は畑地、37.2%は樹林地であった。

4. 考察

時系列解析により、近年の都市的土地利用への変化が発生する以前に、明治初期から図幅内で農業的な土地利用変化が多く発生したことがわかった。迅速測図に幅広く記されていた草地の殆どが1910年代の地形図にはもはや記されていない。迅速測図に描かれていた草地は既往の研究にも注目され、その多くが周辺の集落の共有地であったことが知られている^{9), 11)}。本地域では明治初期に政府により旧幕藩士族に払い下げられ開拓されたという歴史は報告されているので¹⁰⁾、草地の多くが開拓者により農地や樹林地に代わったことは史実に適うと言える。草地の割合はその後の1950年代の地図においてさらに減少するが、1980年代以降を代表する現存植生図では増加する。その一部は未耕作の畑地や水田である。

広大な樹林地も迅速測図に描かれていた。しかし、樹林地面積が最も多い時期は、かつての草地が加わったこともあり、迅速測図の次の1900年代であった。

畑地が図幅面積の最も高い割合を示したのは1950年代であった。樹林地と畑が相互に変化していたが、1900年代から1950年代にかけて樹林地が畑地に変化する面積が多く見受けられ、このことが1950年代までは樹林地減少の主要な要因であった。

水田については、迅速測図の時期には水田ではなかった低地がその後に水田として開拓されたことが土地利用図から見受けられた。水田が図幅面積の最も高い割合を示すのは1900年代である。また、水田と畑地を合計した耕作地面積が図幅面積の最も高い割合を示すのは1950年代で、この時期に農業そのものが最も盛んであったことを地図は示している。

市街地の拡大など、都市的な変化が顕著になるのは1950年代から1980年代の間である。図幅にはJR常磐線の牛久駅および牛久市の中心部が含まれ、急速に都市化が進行している。その結果、農業的な土地利用の割合はすべて1950年代以降に減少する。

なお、地図から土地利用の変化を探究するには各地図の特徴を踏まえ、慎重に行わなければならない。本研究では地目の誤分類を最小限におさえるために迅速測図にあわせて各地図の地目を大枠に再分類した。また、道路などの地物が土地利用境界として利用されていることも多く、土地利用の概要を把握するには測量精度は十分であると判断した。地目間の変化としては草地から樹林地への変化は必ずしも明確ではなかったかもしれないが、迅速測図が作成された後にかつての草地から草本植生が消滅したとは考えにくいので、縮尺がより大きい地形図の作製者が「荒地」として認めるほど広大な草地が減少し、畑地や樹林地として地目が含まれたと推察できる。また、1980年代から2000年代にかけて一部の市街地が農業的な土地利用に変化したように見えるが、この理由の一つは、1/50,000の1980年代の植生図に示されていない細かい農地や樹林地が1/25,000の2000年代の地図に示されている可能性があり、より詳細の調査が必要である。さらに、同じ

地目であっても、その意味が時代とともに変化することも考慮する必要がある。例えば、現存植生図にある草地は造成地や空き地の雑草、路傍雑草群落、ゴルフ場等を含む。土地被覆としては確かに草地ではあり、本研究では農業的な土地利用として分類しているが、実際には農業との関連は希薄な場合が多い。

さて、茨城県南部の平地農村における時間軸上の多様性がより明確に見えた。迅速測図の時期までさかのぼることにより、平地農村においても60%を占めていた自然資源供給地が減少する傾向が見受けられた。広大な草地は20世紀初頭までにほぼ消滅していたことを推察できた。その後、約50年間、農地と樹林地は増減しながら存続するが、近年は都市化により農業環境全体が失われている。これは、変化の事実を確認するだけでなく、残されている農業環境の評価が、どの時期をベースラインとして選択するかによって多少異なることを意味する。

例えば、農業的土地利用を資源供給地（樹林地+草地+湿地）と農地（水田+畑地）とに分けた場合、資源供給地に対する農地の比率は1880年代に1.8であったのが、1910年代は1.4、1950年代には0.9に減少する。しかし、それは1980年代では0.8、2000年代は1.0と、資源供給地の割合が必ずしも減少していない状況が継続しているようにも見える。

すなわち、近年「里山」や「エコシステムサービス」の供給地として評価される農村の樹林や草地は、牛久地域に限らず関東各地で明治初期に比べかなり減少していると考えられるが、農村が残されていれば、1950年代以降もある程度の割合で存続してきた可能性が示唆される。これは、一地域の地図情報のみに基づく見解であり、他地域の研究による裏づけが必要だが、土地利用変化の時系列調査の重要性を示していると言える。

謝辞：本研究は農業環境技術研究所の農業空間情報リサーチプロジェクトの一環として実施した。解析を補助した渡邊敬逸氏に感謝する。

引用文献

- 1) 迅速測図原図復刻版編集委員会（1991）：明治前期手書彩色関東実測図：日本地図センター
- 2) 小椋純一（1996）：植生からよむ日本人のくらしー明治期を中心に：雄山閣、246pp
- 3) 守山弘（1997）：村の自然をいかに：岩波書店、146pp
- 4) 犬井正（1992）：関東平野の平地林：古今書院、162pp
- 5) 白井豊（2002）：明治10年代における下総台地西部の土地利用と薪炭生産ー迅速測図と『偵察録』の分析を通してー：歴史地理学44(5)、1-21
- 6) 別所力・恒川篤史・武内和彦 他（2001）：多摩丘陵鶴見川流域におけるGISを用いた里山の植生変化：GIS-理論と応用9(2)、83-89
- 7) 恒川篤史・別所力・森本淳子・横張真・栗田英治（2001）：2里山の変遷と現状：「里山の環境学」武内和彦、鷺谷いづみ、恒川篤史編、東京大学出版会、39-82
- 8) Ichikawa K, Okubo N, Okubo S, Takeuchi K (2006) : Transition of the satoyama landscape in the urban fringe of the Tokyo metropolitan area from 1880 to 2001 : Landscape and Urban Planning 78(4)、398-410
- 9) 崎山夏子・糸賀黎（1994）：稲敷台地における原野の変遷：筑波の環境研究第15号、29-44
- 10) Sprague DS (2003) : 関東平野における草地の機能と空間構造：「平野草地」は存在したのか? : 日本草地学会誌48(6)、531-535
- 11) Sprague DS・後藤敏寛・守山弘（2000）：迅速測図のGIS解析による明治初期の農村土地利用の分析：ランドスケープ研究63(5)、771-774
- 12) Sprague DS・岩崎巨典（2007）：迅速測図に見る農業的土地利用の変遷：歴史GISの構築と活用：システム農学23(1)、33-40
- 13) Sprague DS, Iwasaki N, Takahashi S (2007) : Measuring rice paddy persistence spanning a century with Japan's oldest topographic maps: georeferencing the Rapid Survey Maps for GIS analysis : International Journal of Geographical Information Science 21(1)、83-95
- 14) 茨城県大百科事典（1981）：土族授産：茨城新聞社、488-489