

台湾桃園台地の灌漑水利の発展と水田開発

森野友介（大阪大学文学部学生）

角野 宏（大阪大学文学部学生）

多田隈健一（大阪大学文学部学生）

小嶋 梓（大阪大学文学研究科博士前期課程学生）

波江彰彦（大阪大学文学研究科）

小林 茂（大阪大学文学研究科）

I. はじめに

GISの発展によって人文地理学で利用可能な研究手法は大幅に増加している。GISは地図を電子化し、情報を付加することで空間データなどの地理情報を利用可能にするものであるが、それらの地図やデータをユーザーが入力可能なことが重要なポイントである。たとえ古地図であっても位置情報を得ることができればGISが利用可能であり、GIS上で面積などを算出することが可能である。つまり、限定的な用法ではあるかもしれないが、近代的手法によって測量された精度の高い地形図であれば統計データの存在しない時期・地域の土地利用調査を行うことができる。また、データを地図上に可視化することで、統計データからは読み取ることの難しいデータを得ることができ、別時期の地図があれば時系列変化を視覚化することも可能である。

本研究ではGIS技術のこのような利点に注目し、植民地時代の台湾の地形図から土地利用データを読み取り、現在の地形図と比較することで土地利用の経年変化を調査する。対象地域は新竹州、中壢郡の観音庄（現在の桃園県観音郷）とした。

観音郷は台湾北西部の桃園県に位置している。桃園県の多くは桃園台地と呼ばれる台地であるが、観音郷は桃園県北西の沿岸部に位置しており隆起した扇状地である。そのため、古くからため池を利用することで水を確保してきた。しかし、植民地期以降、用水路の建設など、水利改善事業が多く行われ、急速に稲作が普及した地域である。桃園県は台北に近く、都市化が進んだ地域であるが、観音郷は大規模な開発も少なく、現在も農業が幅広く行われている。



写真1: 桃園空港付近 (2012年2月27日撮影)

また、行政区画の変動も少ないため、統計データが利用可能である。このような理由から、観音郷は農業的な土地利用の変化を調査することに適しており、本研究の調査対象とした。写真1は2012年2月に台湾桃園国際空港周辺で飛行機内から撮影した桃園台地の写真である。

桃園台地については植民地時代に日本が行った水利事業とそれによる土地利用の変化についての竹内(1971)の研究が詳しい。これによると、桃園台地は水利が悪く、農業用水をため池に頼り、米作は不安定であった。しかし、米の産出量の増大のため、日本統治下の1916年(大正5年)から桃園大圳と呼ばれる用水路の開さく事業が着工され、1928年(昭和3年)に完成した。写真2は現地で撮影した桃園大圳の一部の写真である。非常に広い水路であり、豊かな水量が見て取れる。この大規模な灌漑事業の後、水路の拡幅や新たな水路の開さくといった水利



写真 2: 八徳市付近の桃園大 圳(2012 年 3 月 2 日撮影)



写真 4: 桃園大 圳第九支線第十五号池の灌溉面積を示す看板(2012 年 2 月 28 日撮影)



写真 3: 桃園大 圳第九支線第十五号池(2012 年 2 月 28 日撮影)

の改善事業は行われており、水田の面積は増大していったと考えられる。写真 3、写真 4 は観音郷内にある桃園大 圳の第九支線の第十五号池と呼ばれるため池の取水口付近とその灌溉区域を示した看板を撮影したものである。非常に大きなため池であり、北西方向に 1 キロ以上の区域に水を提供していることが分かる。桃園大 圳の本線は観音郷では南東部に流れているが、その支線と従来 of 河川やため池を利用することによって広範囲に灌溉が行われており、観音郷の土地利用に大きな影響を与えたことが想像できる。

II. 植民地期の台湾の地図製作

台湾の地図に関する研究は多く行われている。鍾(1995)は台湾の地図全般の研究を行っており、16 世紀から現代にかけての台湾の描かれた多様な地図を紹介している。近代的な地図作製が行われた植民地期以降の地図に関する研究は特に多い。許(1998)は 5 万分 1 地図に注目し、植民地期から現在までの 5

万分1地形図を調査しており、徐(2003)は植民地期の地図について製作過程を詳細に紹介している。

また、台湾の地図に関しては日本でも研究が行われている。日本では植民地運営のために現地の測量・地図製作事業が行われており、これらの地図は外邦図と呼ばれている。台湾でも植民地期に日本によって多くの地図が製作されており、外邦図については小林(2009)が詳しい。林(2008)は地籍図と地籍図類の作製事業、官有・国有林野図について実地調査を含めて調査し、残存状況などについても考察を行っている。このように、植民地期以降の台湾の地図製作に関する研究は多く、詳細なデータが明らかになっているが、ここでは本研究に関連する地形図類についてのみ紹介していく。

台湾初の本格的な近代地図は台湾堡図と呼ばれる2万分1地形図である。本図は、清朝時代の地方行政区画である堡・里・郷・澳およびその所轄下の街・庄・社を図面上の区分単位としたため、「堡図」の名が生まれた(陳・呉 2004)。台湾堡図は1900年後半から1902年にかけて測量が行われ、1904年に完成された。1200分1地籍図を2000分1に編集し、その上で2万分1に再編集して原図とした上で細部の測量を行うという方式で作られている。台中公園内の三等三角点を原点とした直角座標系を採用しており、投影法は多面体投影法を利用しており、測地系はベッセル楕円体である。

一方で、台湾初の基本図が1921年(大正10年)から1929年(昭和4年)にかけて陸地測量部によって作製された。台湾の基本図測図は、1906年(明治39年)に臺中州埔里虎仔山(南投縣埔里鎮虎仔山)に一等三角点原点を設置して始まった。この原点から3つの基線、4つの三角網が作られた。1910年(明治43年)から三角測量が行われ、一等三角測量は1921年(大正10年)、二・三等三角測量は1942年(昭和17年)に中止されるまで行われたが、山岳地帯の一部には及ばなかった。水準測量は1903年(明治36年)に高雄に、1904年(明治37年)に基隆に検潮所を設置してから行われ、1等水準測量は大正13年には完了している。この地図は一等三角測量によって製作されており、やはり精度が高い。地図投影法には多面体図法を使用しており、測

地系はベッセル楕円体である。

本研究では1921年(大正10年)から1929年(昭和4年)にかけて陸地測量部によって作製された2万5千分1地形図および2003年に発行された経建版と呼ばれる2万5千分1地形図の第四版を使用する。後者は1975年から内政部によって製作が開始された「台湾地図像片基本図」即ち航空写真基本図を基に作られた。この基本図は7年の歳月をかけて作図され、5千分1平地丘陵部基本図3227幅と1万分1山地基本図564幅が完成された。完成後は、年におよそ400幅が更新されている。

この基本図を基に1985～1989年に完成された5色刷りの地形図が経建版地形図である。地図投影法には横メルカトル図法を使用しており、測地系はGRS楕円体である。この地形図には1985～1989年に発行された第一版から2003年に発行された第四版まで存在するが、本稿では第四版を使用している。第四版地形図は第三版地形図を2001年度の航空写真を利用して修正し、その後2003年に実地調査と測図を行なって作られている。

したがって、本研究では桃園大圳完成直前に作製された地形図と現代の地形図についてGISで水田とため池のポリゴンを制作する。その後、観音郷の灌漑水利の発達による土地利用の変化を可視化することで、分析していく。

III. 作業方法

本研究では、2003年度に測量・発行された経建版地形図の観音、湖口、大園、中壢の4つの図幅および1925年(大正14年)に測量された観音、大園、新屋の図幅と1923年(大正12年)に測量された中壢の4つの地形図を利用することで、2003年と1925年の2時点の観音郷の地形図を制作した。後者の地形図に関しては、中壢のみ1923年に測量されているが、観音郷の地形図としては1925年のものとして扱う。まず、それぞれの地形図をスキャナで取り込み電子化し、後者のみPhotoshopで結合した。その後、投影座標系や経緯度が明確な2003年の4つの地形図をベースマップとしてArcGIS10に読み込んだ。その上で、1925年の地形図を読み込み、2つの地形図で一致する三角点のうち、4つをコン

トロールポイントとして設定し、ジオリファレンスのレクティファイを行うことで1925年の地形図の地理情報を設定した。コントロールポイントの選定の際には、できるだけ東西南北に均等に配置し、レクティファイ作業を数度行うことで最終的に最も残差が少なくなるようコントロールポイントを選定した²⁾。図1は最終的に選択したコントロールポイントの位置を図示したものである。

その後、ArcGIS10のポリゴン・ライン機能を使い、観音郷の境界線をなぞった上で、地図記号に従って水田およびため池のポリゴンを2つの地図上に作成した。なお、水田、およびため池の領域内に表記された建築物や道路、水路、崖などは可能な限り過不足なく除外した。図2および図3は1925年と2003年の地形図上にこの作業によって作成されたそれぞれの時点の水田、ため池のポリゴンを重ねたものである。

IV. ポリゴンから見る土地利用の変化

表1は、GIS上のポリゴンの総面積から算出した1925年と2003年の水田とため池の面積であり、図4、図5は2003年の水田、ため池それぞれのポリゴンに1925年のポリゴンを重ねたものである。水田については、1925年時点では4,379haであったものが、2003年には5,648haと、およそ3割増加している。実際にポリゴンを見ていくと、1925年時点で既にほぼ全域が水田であるが、2003年には南部の丘陵地や北部の沿岸部へと水田が増加し、河川の周辺などの一部に存在した果樹園や茶畑、荒地や竹林がなくなっている。従来の市街地の拡大によって水田が市街地化している部分はあるものの、水田の減少はほとんど見られない。まったく都市化が進んでいないわけではなく、北東部には大規模な工業団地や牧場が建設されており、西部でも工業区が建設中である。しかし、これらの大規模開発が行われているのは1925年時点で水田ではなかった沿岸部の丘陵地である。

一方で、ため池については大幅に減少している。図6は1925年と2003年のため池面積を比較したグラフである。1925年時点ではおよそ781haあったため池の面積は2003年にはおよそ470haと、

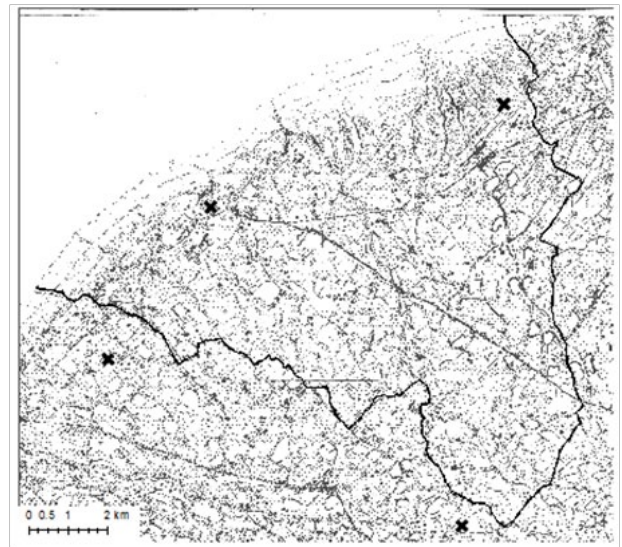


図1：最終的に選択したコントロールポイント

4割程度減少している。実際にポリゴンを確認すると、比較的大きなため池は残存しているものの、小さなため池は減少している。特に、西部で大きく減少していることが見て取れる。

このことから、桃園台地の中でも特に観音郷においては、水利の発達は新たな水田の開墾はもちろん、ため池への依存度の減少を引き起こしたと考えられる。一方で、ため池は減少したものの未だ多く残存していることから、桃園大圳とため池の双方を活用することにより、稲作の安定が可能になったのではないかと考えられる。

V. ポリゴンを利用した面積計算の問題点

図7は『新竹州統計書』と桃園県政府主計局のホームページに掲載された統計データによって作成された1925年(大正14年)と2003年の水田面積およびため池面積を、ポリゴンの合計面積と比較した図である。それぞれの面積を比較すると、ポリゴンの合計面積が実際の統計データよりも1925年、2003年ともにおよそ10%大きくなっている。これには様々な理由が考えられる。その理由をGoogle Earthを利用することで考察する。図8はGoogle Earthの観音郷の北緯24°00'28.74"東経121°08'47.85"付近に2003年度の水田のポリゴンデータを重ねたものである。著作権表記は2012年となっているが、Google Earthの過去の衛星写真を表示する機能を利用して、2003年3月25日の衛星写真を表示して

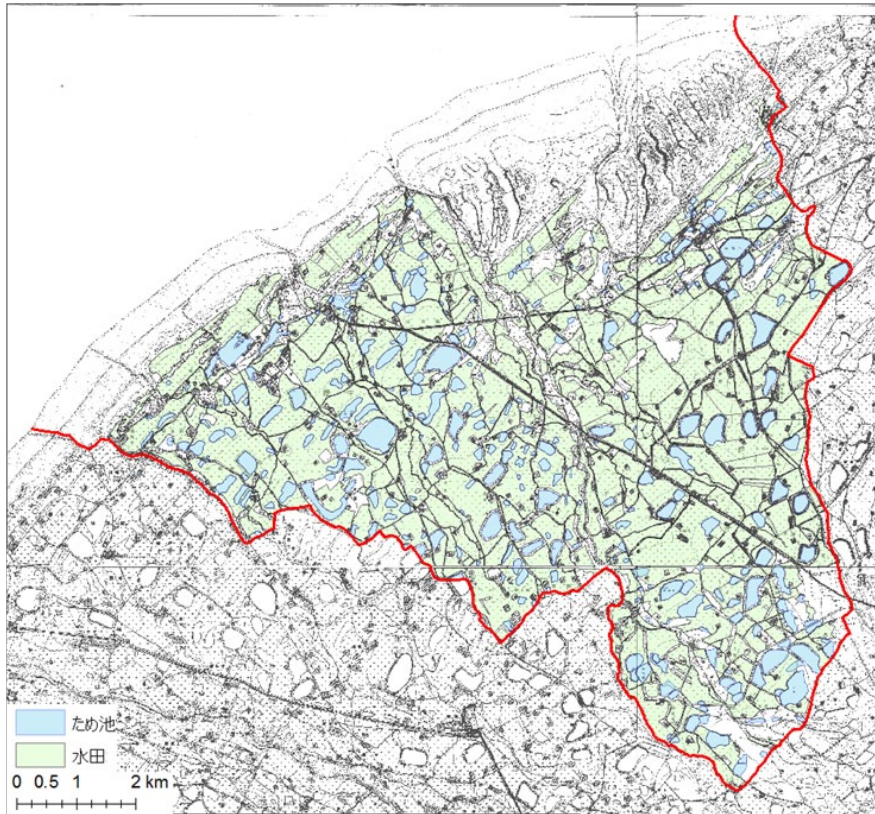


図 2 : 1925 年の観音郷の水田・ため池分布

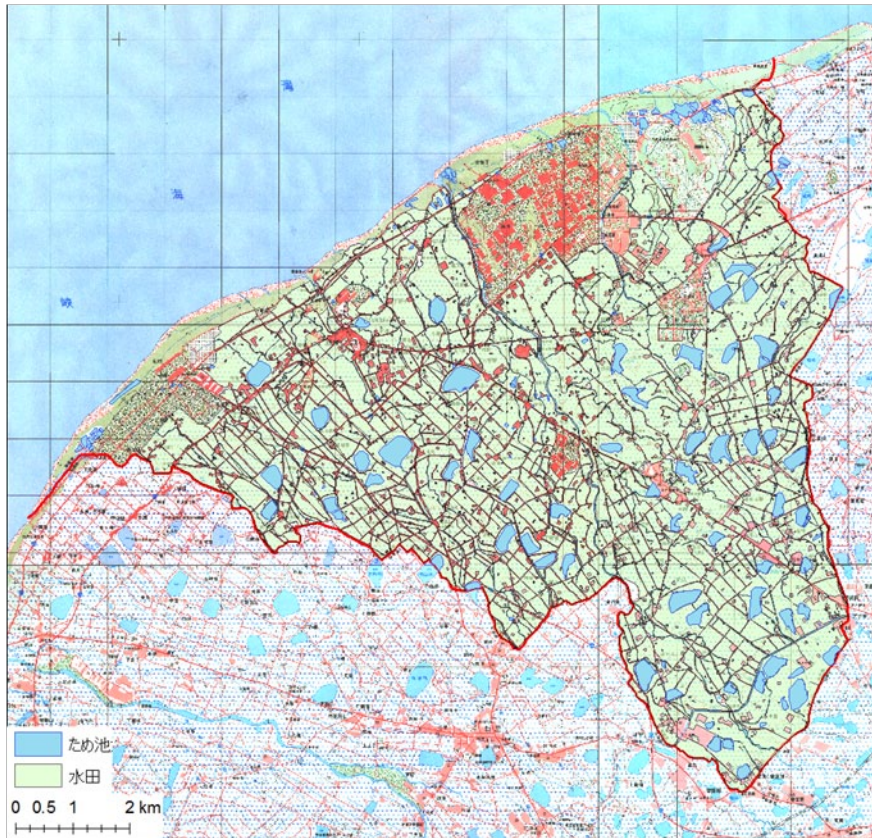


図 3 : 2003 年の観音郷の水田・ため池分布

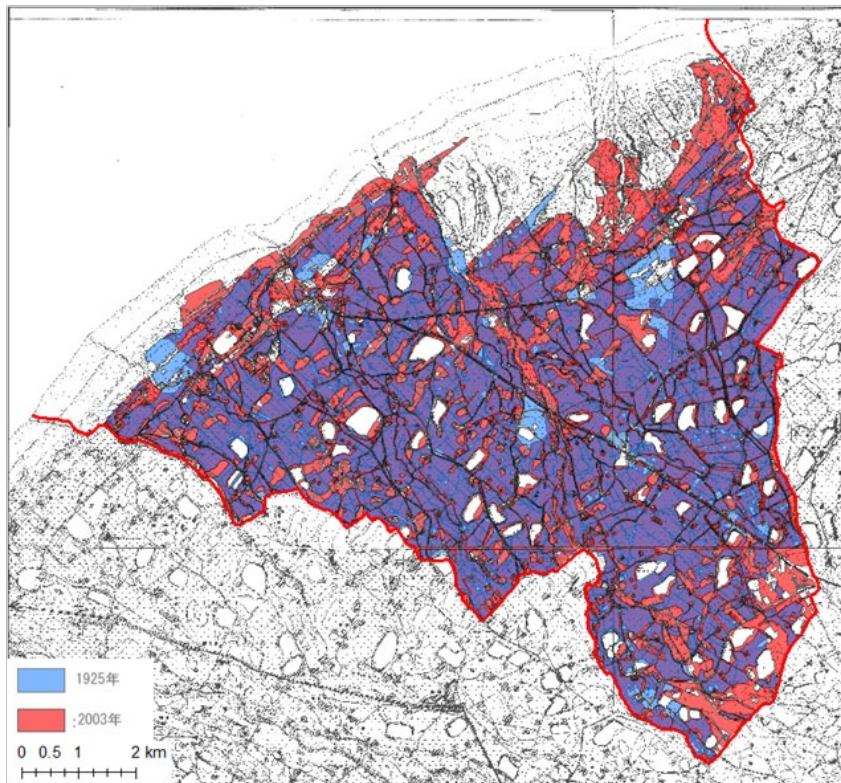


図 4 : 1925 年および 2003 年の水田分布

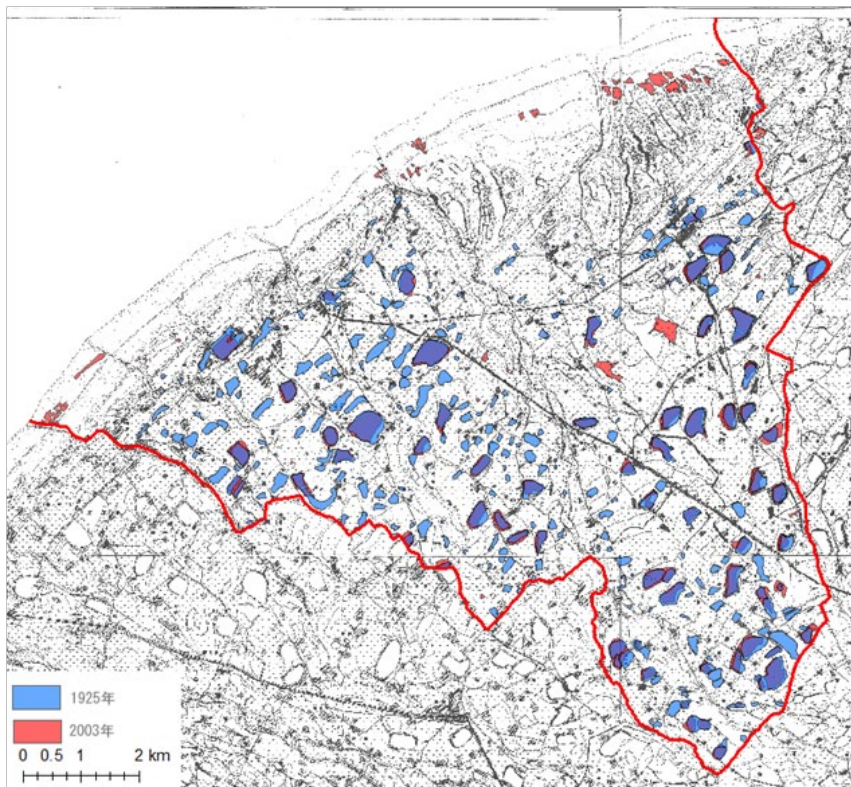


図 5 : 1925 年および 2003 年のため池分布

表 1：観音郷の水田・ため池ポリゴンの総面積

	水田面積(ha)	ため池面積(ha)
1925年	4379	781
2003年	5648	470

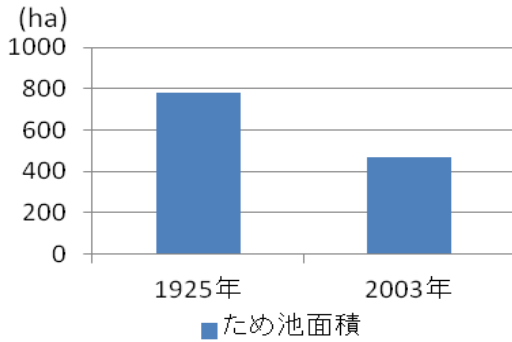


図 6: 1925年と2003年のため池面積

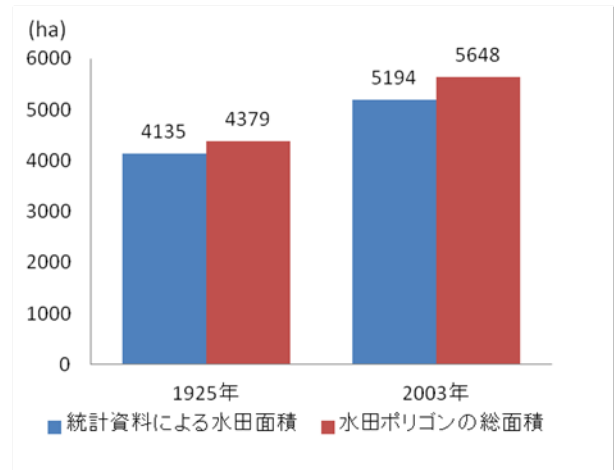


図 7：統計資料と GIS の面積計算による観音郷の水田面積



図 8：Google Earth 上に表示した水田ポリゴン

緑色が水田ポリゴンで、白線は Google Earth により表示された道路

いる。ArcGIS で制作されたポリゴンデータを、Google Earth で利用可能な kml ファイルに変換することで重ね合わせることで制作した。単純に重ね合わせたものであるため、わずかに衛星写真とポリ

ゴンデータの位置情報のずれが存在する。しかし、それを考慮しても、衛星写真では倉庫のような建築物になっている場所がポリゴン上では水田になっていることが分かる。これは、地形図が 2003 年に実

地調査を行っているものの、2001年に撮影された航空写真を利用しているため、2001年～2003年の間に建てられた、あるいは単純に制作時の間違いであるとも推測できる。また、農道やあぜ、水田とため池の間の小さな水路などは地形図上では表記されていない。このように、地形図には表記上の問題から、地形図からは読み取ることのできない空間が存在する。そのため、ポリゴンの合計面積と実際の統計データに差異が現れると考えられる。

VI. まとめ

本研究では、台湾の観音郷についてGISを利用し、1925年と2003年の地形図上にポリゴンを作成し、比較することで以下のような知見が得られた。1925年時点で水田の多い地域であったが、水利の改善によって水田が丘陵地や沿岸部に拡大した。都市化は進んでいるものの、従来の市街地の拡大を除けば、工業団地の建設などの新規の開発は丘陵地や沿岸部などの1925年時点では水田ではなかった場所でのみ行われている。一方でため池は大幅に減少しており、特に西部で規模の小さなため池が減少している水田が増加しているにも関わらず、ため池が大幅に減少していることからやはり水利の改善によって農業のため池に対する依存度が減少していることがわかった。しかし、未だに多くのため池が残存していることから、桃園大圳とため池の双方が活用されていると考えられる。

GISの利用については以下のような知見が得られた。同地域の地図であり、コントロールポイントとして利用可能な指標が存在するのであれば、投影法や座標系が違う地図であっても、GISのジオリファレンス機能でレクティブファイを利用することで容易に重ね合わせることが可能である。さらに、地図の表記に従ってポリゴンを利用することで土地利用の経年変化を可視化し、理解を容易にすることができる。しかし、地図の表記と現実の土地利用に差異があることから、面積などのデータを比較する際にはポリゴン作成によって得られたデータは実際の統計データと10%前後の差が存在するという認識の上で利用しなければならない。これらを認識した上でGISを適切に利用すれば、統計データの存

在しない時期であっても、比較的精度の高い地形図が存在すれば、ある程度の面積を推測することができると考えられる。

注

- 1) レクティブファイは空間参照情報の設定されていない画像と既存の空間データの双方にコントロールポイントを指定することによって前者に幾何補正を行い、両者の空間参照情報を一致させる機能である。
- 2) 最終的にRMSエラー合計は4.21938となった。

文献

- 許哲明 1998. 台湾地区地形図之演進—五万分之一地形図図説一. 地図(中華民国地図学会) 9: 1-16.
- 小林茂 2009. 『近代日本の地図作製とアジア太平洋地域—「外邦図」へのアプローチ』大阪大学出版会.
- 清水靖夫 2004. 台湾の地形図類. 地図情報 24(3): 20-29.
- 鍾美淑 1995. 『台湾地図測量史』中国文化大学地理研究所地理組碩士論文.
- 徐瑞萍 2003. 日治時期台湾地形図測繪基準与製程探求. e 時代的地理学: 地理与資訊科技的交会 第七屆台湾地理學術研討會論文集(国立台湾大学文学院、地理学系): 200-212.
- 林春吟 2008. 日本植民地時代台湾の地籍図類作成事業及び地籍図、官有・国有林野図に関する一考察. 人間・環境学(京都大学人間・環境学研究科) 17: 61-74.
- 新竹州 1927. 『新竹州第五統計書』新竹州.
- 測量・地図百年史編集委員会 1970. 『測量・地図百年史』日本測量協会.
- 竹内常行 1971. 台湾、桃園台地の水利の発達と土地利用. 地理学評論 44(10): 665-684.
- 陳國章・吳信政 2004. 台湾の地図事情. 地図情報 24(3): 4-7.
- 桃園県政府主計局統計要覽
http://www.tycg.gov.tw/site/site_index.aspx?site_id=033&site_content_sn=5412 (2012年2月26日に接続を確認).