

# リレーショナル・データベースを用いた森林施業履歴管理システムの開発

上治 雄介\*・今泉 文寿\*

Development of a data management system for forest  
management records using relational databases.

Yusuke UEJI\* and Fumitoshi IMAIZUMI\*

## 目 次

I. はじめに .....	43
II. 研究材料 .....	44
III. 施業履歴のデータベース管理システムの概要 .....	45
1. 小班図のデジタル化および誤差の修正 .....	45
2. 小区画の導入と小区画IDによるプログラムの簡略化 .....	45
3. 施業履歴を管理するリレーショナル・データベースの構造 .....	46
IV. リレーショナル・データベースを利用した森林施業計画の作成支援例 .....	49
1. ArcView上での施業履歴の表示システム .....	49
2. 開発したデータベース管理システムによる施業時期の提示 .....	52
V. おわりに .....	52
謝辞 .....	52
引用文献 .....	53

## I. はじめに

従来、森林施業計画の作成は森林簿や森林基本図などを用いて手作業で行なわれてきた。これには多大な時間と労力が投入されてきたが、近年ではGIS (Geographic Information System : 地理情報システム) を活用した効率化が図られている (木平ら, 1998)。GISは地図と付随する林相や面積などの属性情報をデジタル化して一元管理することが可能である。単にデータを集積するだけでなく地図や属性情報の検索・解析を行なうことができる。例えばある林齢の小班を抽

\* 筑波大学農林技術センター井川演習林

\* Ikawa University Forest, Agricultural and Forestry Research Center, University of Tsukuba

出したり、林道から一定の距離にある範囲を示したり（バッファリング）することができる。これによって間伐の実施時期や伐採後に集材可能な範囲を検討するための資料を容易に作成でき、森林施業計画の策定など意思決定の支援を行うことができる。近藤（2003）はGISを用いた森林施業計画の作成にあたり今後整備すべき情報として施業履歴を挙げている。施業履歴の多くは1事業ごとに作成された報告書（以下、作業実行簿）であると思われる。しかし実際の森林施業計画の作成時には、ある区画でこれまでに実行された施業の種類や時期を参考とするため、実行された施業を区画ごとに時系列にそって整理した形式（以下、育林台帳）が有効であろう。従来は、作業実行簿から育林台帳を手作業で作成する 경우가多いが、その際には対象とする区画に関連する情報を作業実行簿の中から検索する作業に多くの労力が必要であり、大きな課題となっている。

データベースの形式のひとつとして共通の項目を通じて複数のテーブルを関連付けることのできる「リレーショナル・データベース」というものがある。このリレーショナル・データベースを用いれば、作業実行簿のデータから対象とする区画の施業履歴を自動的に抽出し、容易に育林台帳を作成することが可能となる。一方、GISも他のデータベースと関連付けを行い、そのデータベースの情報を取り込むことができるが、作業実行簿から育林台帳を作成するといった複雑な処理は行なえない。このため施業履歴はリレーショナル・データベースによって管理し、必要に応じてGISへ取り込むのがよい。このようなシステムを利用することで森林施業計画の作成の効率化が図られると考えた。

本研究では森林施業計画の作成を支援する施業履歴のデータベース管理システムの開発を目的とし、リレーショナル・データベースの構造の検討およびGISとの連携を行なった。また、開発されたデータベース管理システムを用いた森林施業計画の策定方法について考察した。

## Ⅱ. 研究材料

今回開発したデータベース管理システムの対象地は筑波大学農林技術センター井川演習林とした。当演習林は1964年の施業開始から全ての施業履歴を紙媒体で保管している。地図情報として現地測量に基づいた小班図と2007年に実施された航空測量による詳細な地形図（1 m間隔のDEM, Digital Elevation Model）および航空写真を有している。

使用したコンピュータ・ソフトウェアは、GISソフトウェアとしてESRI社のArcView 9.1、リレーショナル・データベース・管理システム（RDBMS, Relational Database Management System）としてMicrosoft社のAccess 2003を用いた。これらはプログラミング言語VBA（Visual Basic for Applications）に対応しており、VBAのバージョンはArcViewが6.3、Accessが6.5である。本研究ではこれを用いることで、ArcViewからの操作によってAccess上の施業履歴を自動的に編集・表示させる。編集後の施業履歴は、属性情報としてArcViewへ関連付ける。

Accessへ入力するデータは施業履歴（作業種、作業時期、新植、改植樹種等）、および森林簿に相当する「森林資源構成表」に記載されている小班名、小班の林地区分とした。小班とは一般

的に施業を行う時に最小単位となる区画のことを指す。しかし井川演習林では、小班設定後に小班よりもさらに細分化した区画を単位として施業が行われてきたため、小班と施業の最小単位は必ずしも一致しない。林地区分とは小班ごとに定められた筑波大学演習林独自の管理基準である。

### Ⅲ. 施業履歴のデータベース管理システムの概要

#### 1. 小班図のデジタル化および誤差の修正

地上測量によって作成された既存の小班図をスキャナによってデジタル化し、ArcViewで読み込み位置座標系の情報を与えた。しかし、航空写真などと比較したところ位置が一致しない部分が見られた。一般的に井川演習林のような地形の起伏に富んだ場所では精度の良い測量を行うことが困難（渋谷，1960）であり、そのことが不一致の原因につながったと思われる。そこで多くの小班界が尾根や谷にあることを利用し、航空測量によるDEMから作成した傾斜分布図・斜面方位図を参考にして小班界の位置を修正した。尾根や谷に位置していない小班界であっても、ヒノキ・スギ人工林と天然林の小班界については航空写真（2007年12月撮影）を参考にして修正した。地形的な特徴のない、天然林とカラマツ人工林との境界の一部は航空測量結果および空中写真を利用した場所の特定ができなかったため、現地へ行きポータブルGPS（Global Positioning System, ガーミン Map60CSx）を用いて確認した。

#### 2. 小区画の導入と小区画IDによるプログラムの簡略化

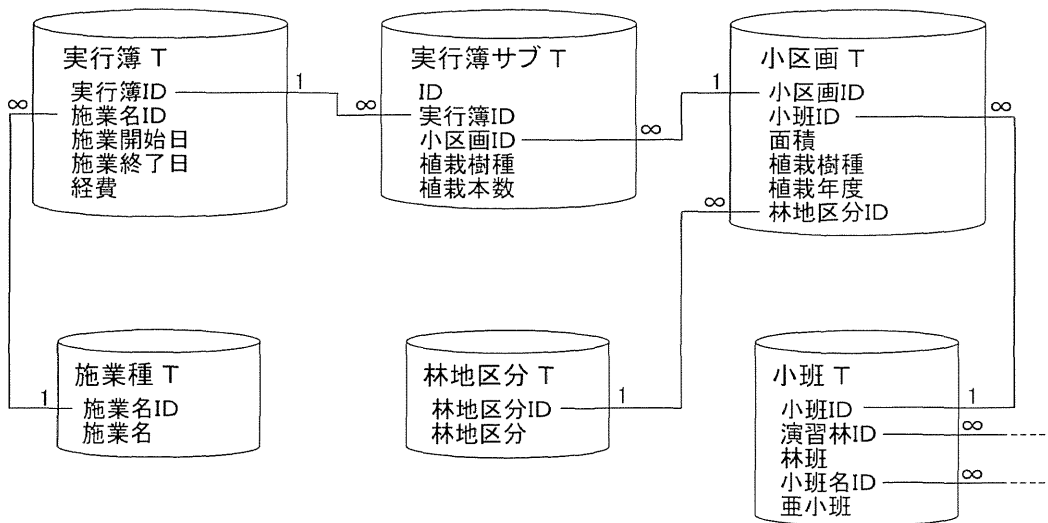
本研究で作成したデータベース管理システムでは、小班を細分化した小区画という区分を新たに設けた。過去に小班の一部を施業した際の範囲と同一の区画であり、小班全体を施業した際と区別するために設けた区分である。ArcViewによる小区画への細分化は作業実行簿付属の作業範囲を示した図面を基に行なった。プログラムによる処理を単純化するため、各小区画には1からの通し番号を機械的に与え（以下、小区画ID）、属性情報としてArcViewへ入力した。これにともないAccess上での作業実行簿の整理についても小班ではなく小区画を単位として行なった。また、ArcViewと関連付けられるようにするため、Access上でもArcViewと同じ小区画IDによってデータを管理した。

データベースのメンテナンスや仕様の変更を考慮すると、プログラムはコンパクトにまとめられていることが望ましい。この点において本研究のように小区画IDを1からの通し番号による管理とすることは有効である。また、これまでに提案されているデータベース管理システムでは林班名・小班名・亜小班名の組み合わせで1つの区画を特定しており（例えば近藤ら，2003），この場合組み合わせる項目の数だけ絞込みの作業を行なう必要があった。それに対して本研究では小区画IDによる処理を行なうことでプログラムの簡略化を行なう。ArcViewは複数の結合キーによる関連付けができないため、林班名・小班名・亜小班名の組み合わせでAccessと関連付けることはできない。本研究では小区画IDを単一の結合キーとして用いることで、ArcViewとAccess

の連携を可能とした。

### 3. 施業履歴を管理するリレーショナル・データベースの構造

Accessによるリレーショナル・データベースの構造を図1に示す。このデータベース管理システムは大きく分けて「実行簿テーブル」、「実行簿サブテーブル」、「小区画テーブル」で構成した。図中の実線はテーブル間における関連付けの関係を示した結合線である。結合線で結ばれた項目を結合フィールドと呼ぶ。結合線の両端には「1」または「∞」を記した。これは2つのテーブルが「一対多リレーションシップ」という種類の関連付けによって結合したことを表している。「一対多リレーションシップ」では「1」側のテーブルにある1レコードが「多(∞)」側のテーブルにある複数のレコードに対応している。「1」側のテーブルを「主テーブル」、「多」側のテーブルを「リレーションテーブル」と呼ぶ。



※ T・・・テーブル

図1 施業履歴管理データベースの概要

「実行簿テーブル」および「実行簿サブテーブル」には作業実行簿の情報を保存した。テーブルが2つに分かれたのはデータの正規化（データの重複を排除するようにデータを分割すること）を行なったためである。正規化によるデータ構造の違いを図2に示す。正規化を行なうことで、同じ情報が繰り返し表れることがなくなりデータの一元管理ができる。このためデータに変更が生じて1つの変更につき1つのレコードを修正するだけで済む場合が多い。また、入力時に同じデータを繰り返すことがないので、入力ミスを防ぐ効果もある。「小区画テーブル」には施業の最小単位である小区画（本来は小班）の基本情報をまとめた。従来の小班名による位置の表示は継続するため、その小区画を含む小班（小班テーブル）との関連性を持たせた（図1）。「小班テーブル」には小班名を保存した。ここでは、本来文字列である小班名（い、ろ、は、・・・）

を数字で表した。これもプログラムによるデータ検索を考慮したためである。また、筑波大学内の他の演習林に属する小班と区別するため、それぞれの演習林に対して固有の「演習林ID」を設定した。「施業種テーブル」は「実行簿テーブル」で数字（施業種ID）によってデータ処理している施業種の情報を、育林台帳などへ出力する時に日本語で表記するために作成した。また、「林地区分テーブル」も同様に「小区画テーブル」で数字（林地区分ID）によってデータ処理している林地区分の情報を、育林台帳などへ出力する時に日本語で表記するために作成した。

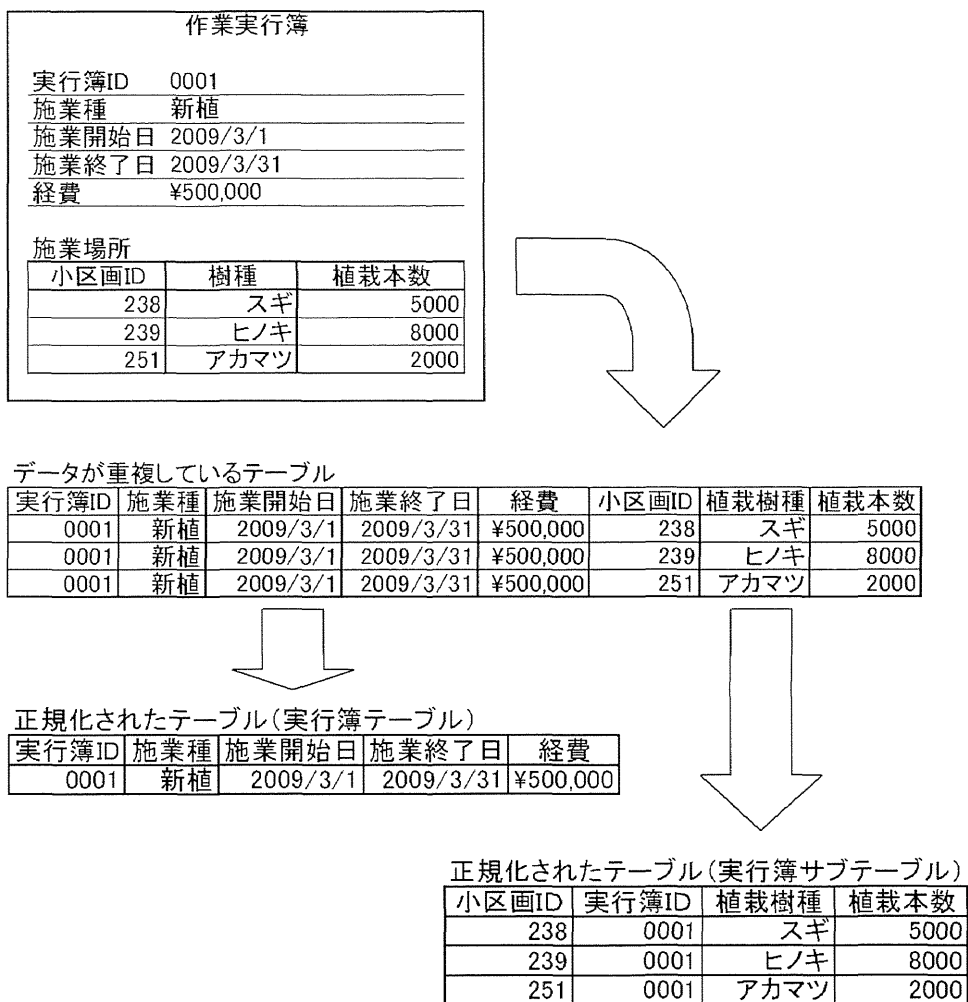


図2 正規化の過程

「実行簿テーブル」、「実行簿サブテーブル」、「小区画テーブル」のテーブル間の関係を「多対多リレーションシップ」という。「実行簿サブテーブル」を媒介として主テーブル同士を関連付ける方法である。このような構造を用いたのは、作業実行簿上で事業ごとに整理されているデータを、育林台帳として区画ごとに整理して出力するためである。作業実行簿を扱う場合、実行

簿IDを中核として「実行簿テーブル」、「実行簿サブテーブル」から関連するレコードを抽出し、さらに抽出された「実行簿サブテーブル」のレコードに含まれる小区画IDを用いて「小区画テーブル」から位置情報に関するデータを抽出する(図3)。育林台帳を扱う場合、「小区画テーブル」にある小区画IDを中核として「実行簿サブテーブル」からそこで行なわれた作業に関するレコードを抽出し、さらに関連する情報を「実行簿テーブル」から抽出する(図4)。構成するデータは同じだが、形式によって中核となるデータが異なるため、「実行簿ID」と「小区画ID」のどちらのIDも中核にできる構造とした。

実行簿ID		実行簿ID		実行簿ID		実行簿ID		実行簿ID		実行簿ID		実行簿ID	
実行簿ID	実施種	実施開始日	実施終了日	概要	演習林	林班	小班	亜小班	面積(ha)	小区画ID	植栽樹種	本数	
3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		井川演習林	3	い	2	0.27	286		0	
3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		井川演習林	2	へ	1	0.07	19		0	
3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		井川演習林	2	へ	1	0.22	20		0	
3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		井川演習林	2	へ	1	0.52	21		0	
3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		井川演習林	2	へ	1	0.18	22		0	
3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		井川演習林	2	へ	2	0.60	23		0	
3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		井川演習林	2	へ	2	0.15	24		0	
3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		井川演習林	2	へ	2	0.15	25		0	
3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		井川演習林	3	い	1	1.27	60		0	
3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		井川演習林	2	へ	1	0.47	18		0	
3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		井川演習林	3	い	2	2.94	62		0	
3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		井川演習林	3	い	1	0.52	318		0	
3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		井川演習林	2	へ	2	0.08	287		0	
3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		井川演習林	2	へ	2	0.45	290		0	
3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		井川演習林	2	へ	2	0.05	288		0	
3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		井川演習林	2	へ	1	0.04	289		0	
3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		井川演習林	2	へ	2	0.04	314		0	
3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		井川演習林	2	へ	2	0.11	315		0	
3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		井川演習林	2	へ	2	0.10	316		0	
3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		井川演習林	2	へ	2	0.24	317		0	
3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		井川演習林	3	い	1	0.91	61		0	

※ 実施種・演習林・小班的項目はデータ処理には数字(10)で管理しているが、閲覧時には表のように日本語表記される

図3 作業実行簿

実行簿サブID		実行簿サブID		実行簿サブID		実行簿サブID		実行簿サブID		実行簿サブID		実行簿サブID	
小区画ID	小班ID	演習林	林班	小班	亜小班	面積(ha)	林地区分	実行簿ID	実施種	実施開始日	実施終了日	植栽樹種	本数
62	31030102	井川演習林	3	い	2	2.94	経過観察区	3196401	地拵	1964/9/1	1964/12/31		0
62	31030102	井川演習林	3	い	2	2.94	経過観察区	3196501	新植	1965/6/1	1965/6/30	カラマツ	6000
62	31030102	井川演習林	3	い	2	2.94	経過観察区	3196502	下刈	1965/8/1	1965/9/30		0
62	31030102	井川演習林	3	い	2	2.94	経過観察区	3196602	補植	1966/6/1	1966/6/30		0
62	31030102	井川演習林	3	い	2	2.94	経過観察区	3196603	下刈	1966/7/4	1966/8/20		0
62	31030102	井川演習林	3	い	2	2.94	経過観察区	3196703	下刈	1967/6/26	1967/7/30		0
62	31030102	井川演習林	3	い	2	2.94	経過観察区	3196803	下刈	1968/6/30	1968/8/20		0
62	31030102	井川演習林	3	い	2	2.94	経過観察区	3196903	下刈	1969/6/20	1969/8/30		0
62	31030102	井川演習林	3	い	2	2.94	経過観察区	3197202	下刈	1972/6/12	1972/8/30		0
62	31030102	井川演習林	3	い	2	2.94	経過観察区	3197605	除伐	1976/10/25	1977/3/16		0
62	31030102	井川演習林	3	い	2	2.94	経過観察区	3198107	除伐	1981/11/24	1982/3/29		0
62	31030102	井川演習林	3	い	2	2.94	経過観察区	3199307	除伐	1993/10/4	1993/12/6		0

※ 演習林・小班・林地区分・実施種の項目はデータ処理には数字(10)で管理しているが、閲覧時には表のように日本語表記される

図4 育林台帳

#### IV. リレーショナル・データベースを利用した森林施業計画の作成支援例

##### 1. ArcView上での施業履歴の表示システム

作成したデータベースを用いて、本研究ではさらにArcView上で(1)井川演習林の人工林を構成する全小区画において最後に行なわれた施業種(以下、最終施業種)と実施年度の表示、(2)小班図から直接育林台帳を呼び出す、の2つの森林施業計画作成の支援方法を作成した。(1)の一部を除いた全作業がVBAによって実行される。ここでの動作環境はArcViewとAccessを用いているが、ArcViewから操作することを前提として開発した。操作ごとにソフトの切り替えを行なうと、操作性を著しく損なうためである。VBAのプログラムは全てArcViewに組み込まれている。

(1)ではArcViewが有する属性情報に従って区画ごとに色分けして表示する機能を利用し、最終施業種を基に色分けをした。作業手順としてはまず、Access上で各小区画の最終施業履歴および実施年を自動抽出し、「最終施業履歴テーブル」として保存した。抽出方法を図5に示した。そのあと「最終施業履歴テーブル」をArcView上で小区画IDをキーにして関連付けを行なう。これによってArcViewは「最終施業履歴テーブル」を属性情報として扱うことができる。最終施業種ごとに小区画を色分けし実施年度を表示する(図6)ことで、(1)は終了である。

(2)はArcViewから直接育林台帳を呼び出すシステムである。ArcView上で小区画をクリックすると、その小区画IDを用いて育林台帳を自動作成して提示する(図7)。

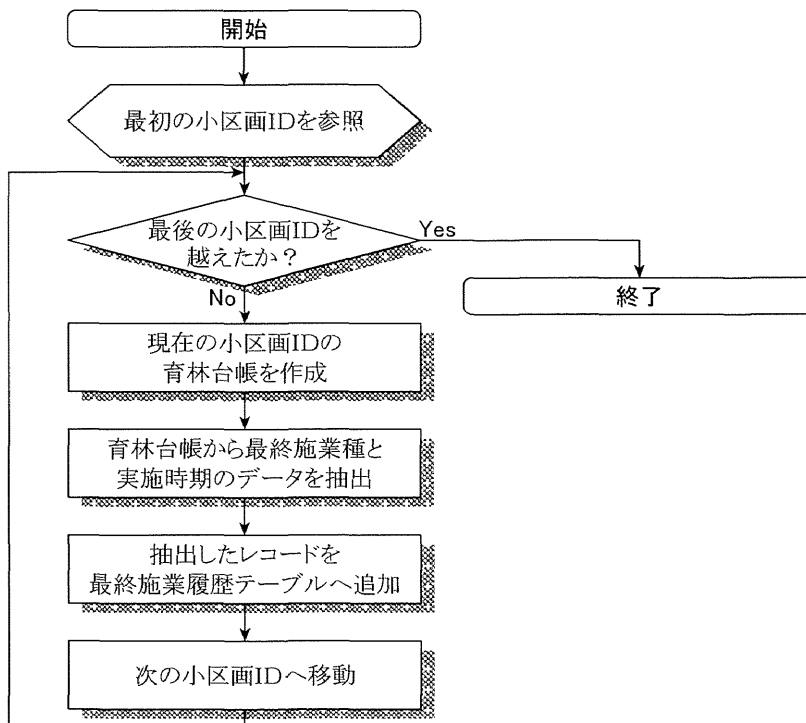


図5 最終施業履歴テーブルの作成方法

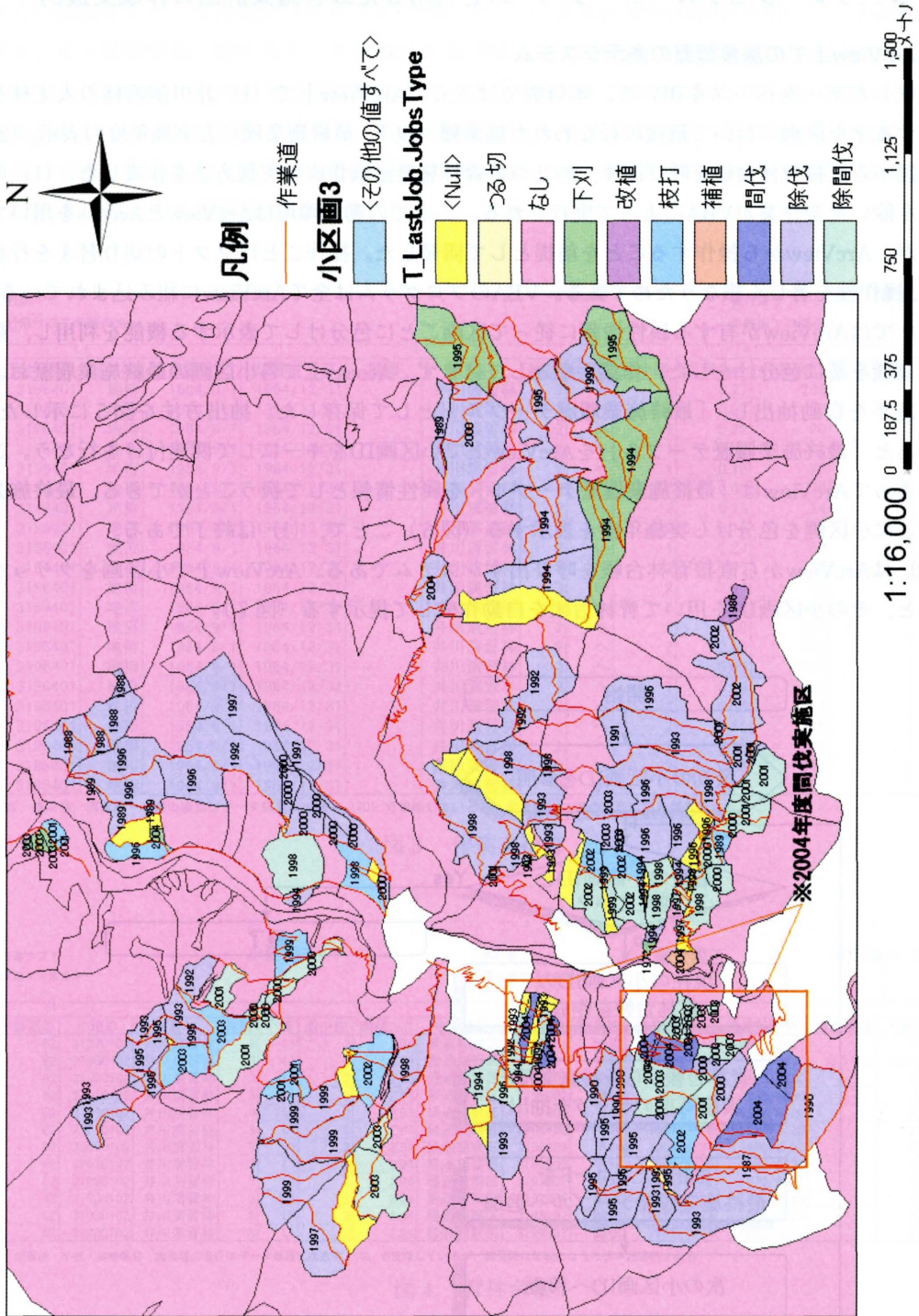


図6 最終施業履歴と実施年の表示例



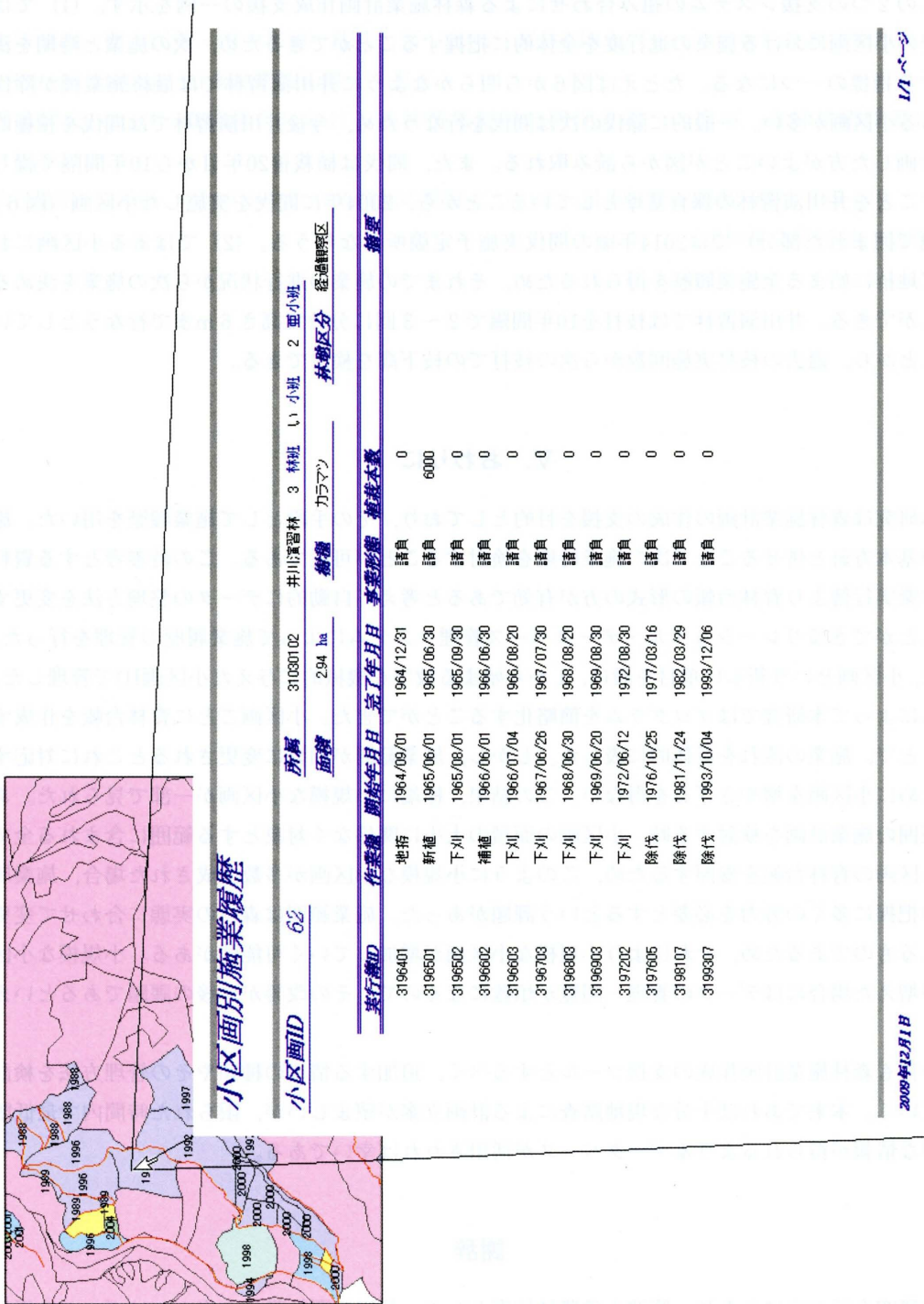


図 7 ArcViewから育林台帳の呼出

## 2. 開発したデータベース管理システムによる施業時期の提示

この2つの支援システムの組み合わせによる森林施業計画作成支援の一例を示す。(1)では個々の小区画における施業の進行度を全体的に把握することができるため、次の施業と時期を決定する指標の一つになる。たとえば図6から明らかのように井川演習林では最終施業種が除伐である小区画が多い。一般的に除伐の次は間伐を行なうため、今後井川演習林では間伐を積極的に計画した方がよいことが図から読み取れる。また、間伐は植栽後20年目から10年間隔で繰り返すことを井川演習林の保育基準としていることから、2004年に間伐を実施した小区画(図6、橙色で囲まれた部分)では2014年頃の間伐実施予定箇所となりうる。(2)ではある小区画において地拵に始まる全施業履歴を得られるため、それまでの施業の進行状況から次の施業を決めることができる。井川演習林では枝打を10年間隔で2～3回に分けて高さ6mまで行なうとしていることから、過去の枝打実施回数から次の枝打での枝下高を検討できる。

## V. おわりに

本研究は森林施業計画の作成の支援を目的としており、その手段として施業履歴を用いた。施業の基本方針と併せることで次の施業時期を検討することが可能である。この時参考とする資料は作業実行簿より育林台帳の形式の方が有効であると考え、自動的にデータの整理方法を変更することができるリレーショナル・データベース管理システムによって施業履歴の管理を行った。また、小区画という新しい項目を設け、1から始まる数字を機械的に与えた小区画IDで管理した。これによって本研究ではプログラムを簡略化することができた。小区画ごとに育林台帳を作成することで、施業の流れを具体的に表した。しかし、施業範囲が頻繁に変更されるとこれに対応するために小区画を増やさざるを得ない。この結果、極端に小規模な小区画が一部で見られた。ある範囲の施業計画を検討する時、小区画の面積の大小に関係なく対象とする範囲に含まれる全ての小区画の育林台帳を参照するため、このように小規模な小区画が多数生成された場合、施業履歴の把握に多くの労力を必要とするという課題があった。施業範囲は森林の実態に合わせて変更されるものであるため、それにより小規模な小区画が増加していく可能性がある。小規模な小区画が増えた場合にはデータの管理・閲覧が煩雑になるので、その改善が今後の課題であるといえる。

今後も森林施業計画作成の支援ツールとするべく、追加する情報の種類やその管理方法を検討していく。本来であれば十分な現地踏査による計画立案が望ましいが、限られた時間内で最低限必要な情報が得られるよう本データベースが活用されれば幸いである。

## 謝辞

本研究を行なうにあたり、筑波大学農林技術センター井川演習林職員の方々にはデータの提供および整理にて多くのご意見ご支援をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

## 引用文献

- 木平勇吉・西山匡英・田中和博・龍原 哲（1998）森林GIS入門——これからの森林管理のために——. 100pp, 日本林業技術協会, 東京.
- 近藤洋史（2003）森林組合における森林情報整備と間伐計画への応用. 森林総研研報386 : 1-29.
- 渋谷欣治（1960）ポケットコンパス測量の精度について. 日本林学会誌42（4）：145-149.
- (2010年2月15日 受理)