

パーソナル・コンピュータ上での橋梁点検データ管理システムの構築

金沢大学工学部 ○近田康夫

金沢大学工学部 城戸隆良

金沢大学工学部 小堀為雄

1. はじめに

わが国の社会資本の蓄積は、戦後の高度成長期と共に急速に進んできたが、近年では、過去の蓄積資本の更新が問題となってきた。その一例が、橋梁の維持管理問題である。今日の橋梁の維持管理は、基本的には、人間の健康管理に類似している。すなわち、橋梁の維持管理は、定期的な視察点検（専門家が橋梁の外観を目視点検して異常箇所がないかどうかを点検する）によって異常のある橋梁を抽出し、抽出した橋梁に対して、コンクリート・コアの採取や荷重載荷試験などによる、より詳細な安全性の検討を経て適切な補修、あるいは架け替えといった対応を決定する。この過程は、集団健康診断により、精密検査の必要な人を抽出し、疾患の早期発見、早期治療を行うことと相似である。

従来、橋梁の各部位に設定した点検項目に関する3～5段階の評価による目視点検を行い、その結果を種々の統計手法を用いて分析することによる橋梁の損傷度（健全度）評価が試みられてきた。また、目視点検段階での評価自体に含まれるあいまいさを考慮に入れるためにファジー理論の応用も試みられている^{1)~2)}。

しかし、このような点検データを有効に橋梁維持管理に利用するには、そのデータの分析方法と共にデータ管理の方法も考えなければならない。

橋梁は、公共機関が管理しているのが普通であるが、そのデータはこれまで紙の上（台帳）で管理されていた。しかし、最近では橋梁のデータは道路管理の一環として、データベースにより計算機上で管理する方向にある。西村³⁾ら、あるいは建設省のデータベース構築の試みは大型計算機を核にしたシステムを構築している^{4)~5)}。また、大林らはデータの蓄積方法とデータ量さらにはデータ構造に関して検討を行っている^{6)~7)}。一方、データを管理する環境を考えると、道路や、橋梁の管理規模が余り大きくない地方自治体では、既に普及しているパーソナルコンピュータをベースに開発するほうが使用性、経済性などの観点から有利であろう。大型計算機に比較して会話型の入出力環境や、操作環境を構築しやすいというパーソナルコンピュータの特徴は、扱うデータ量が極端に多くない場合には、データ管理システムの構築に適したものといえる。

本報告はこのような背景のもとに、従来、分析方法に主眼の置かれていた橋梁の維持管理におけるもう一つの重要な要素であるデータ管理に着目し、橋梁点検データの管理を例に、パーソナルコンピュータ上で市販のリレーショナル・データベース・ソフトウェアを用いて橋梁点検データ管理システムを構築し、データの有効利用をはかることを検討する。データ管理用に専用機器やシステムを使用するのではなく、一般に普及しているパーソナル・コンピュータ上で市販のリレーショナル・データベース・ソフトを使用してこのようなシステムを構築できることを示すことは、経済性だけでなくデータの有効利用の面からも有利であり、その意義は高いと考える。なお、本報告で構築した橋梁点検データ管理システムは、実務での使用を想定しており、プロトタイプとして試用中である。

2. パーソナルコンピュータ上でのデータベース構築

(1) システム構築環境

既に述べたように、管理するデータ量が余り大きくない地方自治体などでは、パーソナルコンピュータ上でデータ管理システムを構築することは、使用性においても、経済性においてもメリットが大きいと考えら

れる。普及しているパーソナルコンピュータとしてはMS-DOSをOSとする16bitあるいは32bitモデル多い。

道路維持管理で使用するデータベースの形式としてはリレーショナル形式が有利であるといわれている⁵²⁾。これは、たとえば、橋梁を例にとれば、橋梁の基本データのデータベースと点検データのデータベース、補修履歴のデータベースなどの複数のデータベースを橋梁コードなどをキーとして連係させて使用することが可能な形式であり、データの有機的な利用が可能となる。

パーソナルコンピュータ用にはリレーショナル・データベース・ソフトウェアが多く市販されているが、性能的にも、取り扱えるデータ量からも十分実用に耐えるものとなっている。これらのソフトウェアは目的にあった入出力フォーマットやデータ操作をプログラムするための簡易プログラム言語が用意されており、操作性を向上させることができる。簡易言語といっても、これを用いてアプリケーション・ソフトウェアが作成できる水準のものであり、文字列操作などの関数も組み込まれている。また、ネットワーク(LAN)に対応するための配慮もされており多様な使用形態にも対応できるものが多い。標準的な仕様は、代表的なソフトウェアの一つであるdBASEⅢ(Ashton-Tate社)を例にとると、データベース・ファイルは最大10億レコード、最大20億バイト、レコードサイズ4,000バイト、最大128フィールド、また同時オープンファイル数は10となっている⁸²⁾。

(2) データベースの構築

道路維持管理全体から見ると、さまざまな台帳で管理されている文字データおよび図形データをどのようにデータベース化して行くかを検討し、個々のデータベースを構築することになる。基本的な考え方は、文献に議論されている^{52)~72)}。

橋梁点検台帳のデータベース化を考えると、①橋梁の基本データ、②点検データ、③補修データが含まれると考えられる。台帳にはこれらの全てが記載されているが、①、③は別のデータベースとして構築し、リレーショナル機能を利用することにより、基本データを他の目的にも利用できることになる。

どのようなデータベース群を構築するか、またデータベースの項目(フィールド)はどうするかは、全体計画のなかで検討することになるが、リレーショナルデータベースは複数のデータベースから適当な項目を組み合わせて新しいデータベースファイルを作成するといった作業ができるので、仮に仕様の変更があってもデータを入力し直すことはほとんどない。

(3) データの互換性と多目的利用

橋梁点検データに限らず、種々のデータがデータベース化されていく傾向にある。橋梁点検データベースも近隣の都府県や市町村のデータと合わせて解析することで新たな知見が得られることも期待できる。しかしながら、使用するデータベースの仕様(点検項目や、評価段階の数など)が異なる場合にはデータの互換がとれないことになる。このようなデータベースの仕様ではなく、使用するデータベースソフトが異なったり、稼働している機器の相違に対しては、一般的にはテキスト・ファイル形式を介してデータ変換を行うことが可能である。

また、パーソナル・コンピュータ上でデータベースを構築した場合、管理以外の目的にデータを使用する場合の利便性が高いといえる。たとえば、データベース内のデータを取り出して、表計算ソフトで処理した場合やワープロ・ソフトで作成する文章内へ取り込みたい場合などのデータ変換が容易であり、データの多目的利用が簡単に行える。すなわち、一般業務で使用しているパーソナルコンピュータ用のソフトウェアとの関係がとれることになる。この点は、パーソナルコンピュータ上でデータ管理システムを構築することによる経済的な効果以上の利点といえる。

さらに、大型計算機やワークステーションなどとのデータのやり取りもテキスト・ファイル形式を介して容易に行える。

このようなデータの変換は、MS-DOS上のソフトウェアには内蔵機能として組み込まれたものも多く、変換のためのプログラムの作成などはほとんど必要ない。

3. 橋梁点検データ管理システムの構築例

(1) 橋梁点検データ管理システムの概要

これまで述べてきたことを実際に橋梁点検データ管理システムを構築して確認することにした。
本報告では、ある県が数年に渡って実施している橋梁点検の内容を記録した台帳の提供を受け、これをもとにデータベースを構築し、さらにプログラム機能を利用してデータベース管理システムを構築した。本管理システムは、筆者らの研究室での橋梁維持管理に関する研究の一部として構築したものであり、現在実務利用を想定したプロトタイプとして仕様や操作性などの検討のために試用中である。

データの提供を受けた県では、橋梁台帳などの基本データの管理を電算機（パーソナル・コンピュータ）上へ移行する途上にあり、基本データをリレーショナル機能を使って利用することは現時点ではできなかった。そこで橋梁の基本データも含めて、橋梁点検台帳の文字データをデータベース化したものを核に、橋梁名、管理事務所名、橋梁上部工形式の補助データベースを作成してデータ抽出などにリレーショナル機能を使用できるようにした。このシステムは道路管理システムの中で橋梁点検データのみの管理をするサブ・システムに相当するものといえる。

プロトタイプである性格上、データベースのデータ構造などは流動的であり文献^{6)~7)}のような検討はしておらず、既存の橋梁点検台帳をパーソナルコンピュータ上へ移植し、移植したデータをどのように管理し、有効利用するかという点を検討する。

利用環境の現状を踏まえて、このシステムの当面の目的は、

- ①点検台帳のデータをパーソナルコンピュータ上でデータベース化してその管理を効率化する。
- ②データの登録、修正時を除いて文字入力を出来る限り少なくして、操作性を良くする。
- ③プログラムを実行形式にすることで出先の工事事務所での利用の経済性を考慮する
- ④データ構造の修正やデータ変換などに柔軟性を持たせる

のように設定することにした。

(2) システムの構築環境

システム構築は、最も普及している NEC製PC9801シリーズ上で行った。プログラムに使用したリレーショナル・データベース・ソフトウェアはdBXL ver.1.3Jb（WordTech System, Inc.）である。パーソナル・コンピュータ用のリレーショナル・データベース・ソフトウェアとして最もポピュラーなのはdBASEⅢであるが、リレーショナル機能をより簡単に使用するために、マルチ・ウィンドウ・システム等の機能を強化したdBASEⅢ上位互換のdBXLを使用することにした。これらのソフトウェアはいわゆるインタプリタ型のソフトウェアなので開発したプログラムは実行速度の点で十分とはいえない。そこで、dBASE言語（dBASEⅢやその互換ソフトでプログラムに使用する言語仕様）のプログラムをdBASE言語用コンパイラであるQuickSilver ver.1.3Jb（WordTech System, Inc.）を用いて実行形式に変換し、この実行形式を組み合わせて、MS-DOSのバッチ・プログラムから利用する形で最終的なシステムを構築している。

基本的なシステムの基本構成は図1に示すとおりである。データベース管理プログラムは4つのプログラムから構成され、統計処理プログラムは5つのプログラムから構成されている。これら合計11のプログラムがバッチプログラム内で、メニュープログラムから選択、起動される。

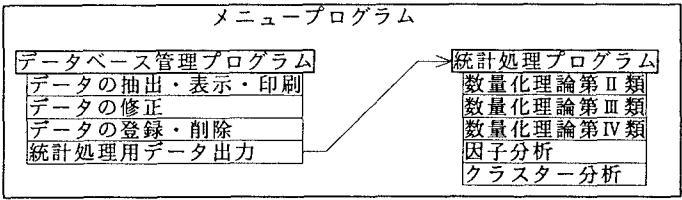


図1 データベース管理システムの構成

(3) 橋梁点検データベース

橋梁点検データを格納しているデータベース(kyouryou.dbf)のレコード内容を表1に示す。橋梁点検台帳をデータベース化するに当たっては、点検台帳の各項目をレコードの項目として設定したが、現段階では、損傷状態を示した写真や、スケッチ図に関しては省略している。このレコード項目(点検項目)は、建設省が提案したB I R E S⁴⁾に沿ってはいるが、各点検項目の評価段階がB I R E Sの5段階ではなく、3段階(全体評価は4段階)と少なくなっている。レコード項目は表1のとおりである。

他のデータベースは抽出・検索・閲覧時にメニュー・バーで選択するための選択肢を格納したもので、br.dbfは橋梁名を格納したデータベース、hq.dbfは工事事務所名を格納したデータベース、type.dbfは橋梁形式を格納したデータベースである。いずれも、リレーショナル機能を利用するために、kyouryou.dbfとそれぞれ橋梁名、工事事務所名、上部工形式の各フィールドをインデックスとして連係使用される。作成したデータベースの関係を図2に示す。

表1 橋梁点検データベースのフィールド・リスト

[基本データ]	[補修データ]	[損傷データ]	(下部工)
1 橋梁名	15 損傷内容	20 調査年度	31 河床洗掘
2 路線名	16 対策案	21 全体評価	32 軀体変動
3 架設年	17 施工年度	(上部工)	33 安定性(構造)
4 河川名	18 補修内容	22 橋面舗装	34 安定性(材質)
5 土木事務所名	19 補修工法	23 地覆高欄	35 耐震性
6 橋長		24 床版	
7 スパン割		25 床組工	
8 幅員		26 主構	[交通データ]
9 上部工形式		27 支承	36 交通量
10 橋台形式		28 伸縮装置	37 大型車交通量
11 橋脚形式		29 排水装置	38 大型車混入率
12 基礎工形式		30 塗装	
13 上部工分類記号			
14 設計荷重			

番号はフィールドの通し番号

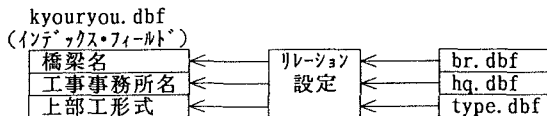


図2 データベースのリレーション操作の関係

(4) 管理システム^{10)~11)}

dBXLを用いてプログラムされた橋梁点検データ管理システムは、一般のデータベース・ユーティリティと同様に

- ・データの抽出・閲覧・印刷、
- ・データの更新(修正)
- ・データの登録・削除

の各機能に加えて、点検データを統計処理プログラムで利用するためのテキスト・ファイルに変換して出力するための

- ・統計処理プログラム用データ出力

機能を設けた。

操作はほとんどを、メニュー・バー¹²⁾ による選択メニューを使用することで、誤操作を少なくするように配慮している。すなわち、抽出・閲覧・印刷およびデータ出力を行う場合には、→, ←, ↑, ↓(カーソル・キー)と改行キーのみで操作できるようになっている。たとえば、特定の橋梁の点検データを見たい場合には、抽出・閲覧・印刷メニューからサブ・メニュー(橋梁名による抽出)を選択すると、新たなウィンドウ内に橋梁名データベースの内容が表示されるので、カーソル・キーで目的の橋梁名を反転表示させて改

行キーを押すことで対応する点検データのレコードへポイントがセットされる。その後、データ表示用サブ・メニューが表示形式の選択を促すので同様にカーソル・キーで選択すればデータが指定した形式で表示される。橋梁名をいちいち入力するのに比較して操作が簡単であるばかりでなく、誤入力の可能性がなくなるので、システムの操作性が格段に向上する。このように単にデータベースの管理機能を有するだけでなくその操作性も含めて検討しなければ、管理実務への応用は難しいものとなろう。図3にデータ抽出画面の例を示す。また、主なメニュー構成を図4に示す。

架設年による抽出

土木事務所による抽出

調査年による抽出

上部工形式による抽出

橋梁名による抽出

管理システムへ

CO: 3232771-1 橋 (RC/PC) 橋

RC: 鉄筋 2222-1 橋

PC: 2222771-1 2222-1 橋

ST: 鋼橋

データを抽出中です

74件のデータを抽出しました

5月

RC・スラブ

Press any key to continue...

のは、RC 橋

ていいですか? (Y/N)

架設年による抽出

土木事務所による抽出

調査年による抽出

上部工形式による抽出

橋梁名による抽出

管理システムへ

(新)大瀬川

23号(百太郎道路)

1号

1号

5号

7号

くろから路橋 1

くろから路橋 2

安部川

美濃川

石大

F, I, ROLL-UP, ROLL-DOWN

select + [RE] key

(a)上部工形式によるデータ抽出画面

(b)橋梁名によるデータ抽出画面

図3 データ抽出の例

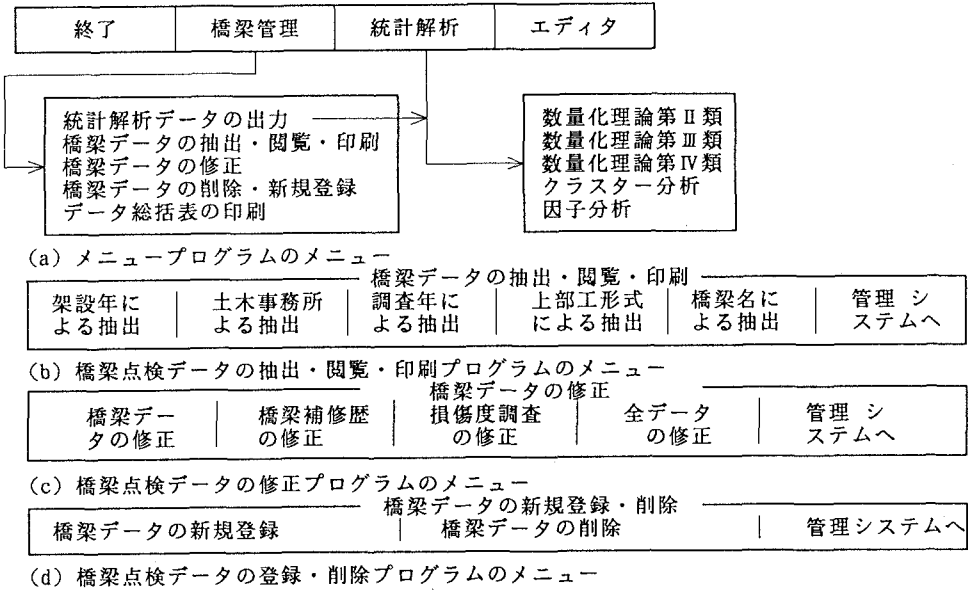


図4 メニュー構成

(5)統計処理システムとの連係

前節でも述べた橋梁点検データ管理システム内の点検データを統計処理するためのデータ出力機能は、点検データの内容を統計処理を通して分析したり、補修計画の立案のためのデータを得るための援用を目的としたものである。

たとえば、各橋梁の点検結果として、点検を行った専門家が損傷度評価を与えているが、数量化Ⅱ類による分析を行うことによって、損傷度の判断基準を逆解析でき、専門家がどのような項目に着目してあるいは

重みをおいて評価を与えているのかが分かる。このような情報は、エキスパートシステム構築への第1歩となるもので、橋梁損傷度評価方法として、よく使用される¹³⁾。

データの出力対象は、コンクリート系橋梁、鋼橋の2者から選択するが、出力項目に関しては、さらに検討の余地があると考えられる。

本システムで利用可能な統計処理は、数量化理論Ⅱ～Ⅳ類、因子分析、クラスター分析である。いずれも橋梁の損傷度（裏返せば健全度）の検討に使用される手法である。統計解析用プログラムは、文献¹⁴⁾から採り、入出力部分を必要に応じて書き改めた後、BASICコンパイラによって実行形式化することで処理速度を上げている。

このようなデータ出力機構を設けることは、ここで示した統計解析処理に限らず、これまでに数多く提案されている橋梁健全度評価（あるいは損傷度評価）手法、さらには補修計画での意志決定支援手法などとの関係のためのデータの相互利用に不可欠な機能である。

このように、特別な処理を経ないで統計処理プログラム用のデータを出力できることが、先に述べたデータの有効利用の一例といえる。

4. 結言

本研究では、従来その分析に力点が置かれてきた橋梁点検データの管理に関する一つのアプローチを示した。

成果を要約すると以下のようである。

- (1) 比較的管理規模の小さな地方自治体単位での道路維持管理データの管理を設置実績の高いパーソナル・コンピュータと市販ソフトウェアの組み合わせで行うことを検討した。例として橋梁点検台帳のデータ管理システムを構築し、十分に実用的なシステムを構築可能であることを確認した。開発環境を、設置率の高いパーソナル・コンピュータとすることで、機器としての使用性、経済性や管理の容易さを考慮したものとなることが示せた。
 - (2) データ管理システム構築用のデータベース・ソフトとしては、市販リレーショナル・データベース・ソフトウェアを使用し、そのウィンドウ処理機能を利用して操作性を向上させ、さらにコンパイラを介して実行形式に変換することで処理速度を上げ、実用性の高いデータ管理システムを構築できた。
 - (3) 一般的なデータベース管理機能に加えて、統計解析プログラムとの関係をとるためのデータ出力機構を設けた。これにより、損傷橋梁の補修計画のための資料の作成を容易にした。このことは、これまでに提案されてきた種々の橋梁健全度評価手法に対応した点検データの抽出機構が簡単に組み込めることを意味する。
 - (4) 橋梁点検項目、評価の段階数などのデータベース化する内容はともかく、物理的な、データベース内容の互換性は確保されており、他のデータベースのデータの追加なども容易である。このデータの互換性の保証は、データの有効利用の面から必須のアイテムであるが、パーソナル・コンピュータ上の市販ソフトウェアが基本的に有している機能でもある。しかし、データベースの活用の面からは個々の機関で実施する橋梁点検はフォーマットが統一されていることが望まれる。
 - (5) 研究用に構築した管理システムではあるが、これを拡張して実務現場での利用への対応も容易に行えるものとなっており、システムの概要(3-(1))で述べた目的を一応満足していると言えよう。
- 以上が本報告の内容であるが、橋梁点検データの管理システムの構築例を通して、データベースを閉じた系として利用するのではなく、他のデータベースや解析プログラムとの関係を図ることを考慮したシステムを構築することで、データの活用範囲が大きく広がることを示すことができたと思う。

今後の課題としては、

- (1) 現在進行中の、橋梁台帳などの基本データの電算機での管理が進めば、それらのデータとのリンクを考

利用が計れる。また、交通センサスデータなども、テキスト・ファイル形式を介した簡単なデータ変換によりデータベース・ファイルとして利用することが可能である。

- (2) 橋梁点検データ管理システムに関しては、閲覧項目の多項目化、データ抽出項目の多様化を計ることで使用性の向上が見込める。
- (3) 橋梁の健全度評価手法を外部手続きとして利用できるようにすることが可能であるので、そのような外部手続きの充実が望まれる。
- (4) 点検台帳に添付されている写真やスケッチ図を画像データとしてデータベースの一部に取り込むことが必要と考えられるので、プログラムの改良の一部として対応する予定である。

本研究は、橋梁の維持管理あるいは健全度評価の基本にあるデータをパーソナル・コンピュータ上でどのように管理するかを検討したものであるが、文献調査の段階で評価の段階や点検項目など橋梁点検のフォーマットが統一されていないものが多く、データベース構築時（点検フォーマット作成時）に将来的なデータの利用を考慮しておくことの必要性が感じられる。

最後に、本研究で試みた内容が、橋梁点検データに限らず、紙の上のデータを計算機上（特にパーソナル・コンピュータ上）に移して如何に有効利用を図るかという問題を考える場合に参考になれば幸いである。

謝辞

貴重な橋梁点検データを提供して下さった関係各位に感謝いたします。また、橋梁点検データ管理システムの構築にあたっては、米田裕吉、今泉正樹両氏（いずれも元本学学生）の協力を得た。小間井孝吉氏（金沢大学大学院自然科学研究科システム科学専攻）には、有益な議論をしていただいた。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 城戸隆良、小堀為雄、砂田誠：既存道路橋の健全度評価に関する研究、第39回年次学術講演会講演概要集Ⅰ、pp. 387～388、土木学会、1984. 10.
- 2) たとえば 橋本光行、白石成人、古田均：構造物の健全度評価へのファジィ数量化理論の応用、第30回構造工学シンポジウム論文集、pp. 277～284、土木学会、1984. 2.
- 3) 西村昭、藤井学 他：道路橋耐用性診断システム化のためのデータベースの開発、第40回年次学術講演会講演概要集Ⅰ、pp. 291～292、土木学会、1985. 9.
- 4) 建設省北陸地方建設局北陸技術事務所：橋梁情報検索システムBIRES、北陸技術特集No. 4、1980. 4.
- 5) 桐越信：道路管理データベースシステムの構築、道路、No. 598、pp. 55～66、日本道路協会、1990. 12.
- 6) 大林成行、小島尚人、高桜裕一、橋本和記：道路維持管理データベースにおけるデータ構造の設計について、土木学会第45回年次学術講演会講演概要集Ⅳ、pp. 234～235、1991. 9.
- 7) 大林成行、小島尚人、森明、高桜裕一：道路維持管理データベースにおけるデータデータ蓄積方法とデータ量の検討について、土木学会第45回年次学術講演会講演概要集Ⅳ、pp. 234～235、1991. 9.
- 8) 酒井雄二郎、葛井真作、阿部友計：dBASEⅢPLUSハンディ・マニュアル、p26、ナツメ社、1988.
- 10) WordTech Systems, Inc. サザンパシフィック訳：dBaseⅢマニュアル、1988.
- 11) WordTech Systems, Inc. サザンパシフィック訳：QuickSilverマニュアル、1988.
- 12) 酒井雄二郎、葛井真作、阿部友計：dBASEⅢプログラミング技法、pp. 125～128、ナツメ社、1988.
- 13) 白石成人、古田均、杉本雅一：数量化理論の構造物の健全度評価への応用、第29回構造工学シンポジウム講演概要集、pp. 43～50、土木学会他、1983. 2.
- 14) 田中豊、垂水共之、脇本和昌 編：パソコン統計解析ハンドブックⅡ 多変量解析編、共立出版、1984.