

道路維持管理のための情報提供システムの構築

東京理科大学 教授 大林 成行

東京理科大学 助手 小島 尚人

東京理科大学 院 生○橋本 和記

東京理科大学 院 生 森 明

東京理科大学 研究生 石田 栄司

(現：東関東道路インテニア(株))

1. はじめに 名神高速道路の開通により高速道路時代の幕が明けてから既に20余年の歳月が過ぎた現在、高度経済成長期以降に整備された道路が、大量かつ重荷重の交通にさらされて老朽化が顕著となり、維持・管理といった業務のニーズが以前にもまして多様化、複雑化してきている。これにともなう、現状での維持管理業務に対して以下のような課題が指摘されている。

①管理延長の増大、供用路線の経年変化とともに、維持・管理費用が莫大なものになると考えられており、効率的、計画的な維持・管理を行うための技術的対応を図ること。

②従来の壊れてから補修する事後処理的な維持管理ではなく、適時適切な手当により道路寿命を延ばし、安全性を確保する予防的な維持管理へと体制の転換を図ること。

このようなニーズに応えるために、著者らは供用中の道路資産の量や質、さらには維持管理に要した費用等に至るまで情報を一元的に捕らえ、それらの情報を計算機を利用した入力、蓄積、管理、運用といった一連の処理過程のシステム化により、維持管理の質の向上、効率的、計画的な道路資産管理を目指した情報提供システムの開発を行った。

2. 研究の目的 道路の維持管理に係わる情報は、図-1に示すように計画、設計、施工、維持・管理といった各建設プロセス間で複雑に関係しあっており、目的に応じた情報の加工、取捨選択を的確かつ迅速に行うことが必要とされる。また、現状において維持管理業務そのものが体系化されておらず、技術者個人の裁量によって個々の業務が推進されているといっても過言ではない。しかし、維持管理を目的とした一連の業務は、必要とする情報を的確、迅速に収集し、それらを分析する過程を踏んで、はじめて実際の管理プロセスに反映することができるといえる。このような現状を踏まえて、道路に係わる維持管理業務の効率化を図るためのシステム化の検討として以下に示す3つの目的を設定した。

①現時点における実際の維持管理業務の対象となる工種について取り扱う情報の内容を詳細に検討する。

②①での検討結果を基に、取り扱う情報項目、量、内容、質、蓄積形式等、システムの全体概念を検討する。

③実際にプロトタイプシステムを組み上げることによって、維持管理業務を効率化するためのデータ入力、検索表示プロセス、開発環境等について整理し、人間をも含めたトータルシステム化への指針を提案する。

3. 研究の流れ システム設計や開発の方法論として演繹法と帰納法がよく用いられている。前者は、可能と考えられる理想的なシステムをまず設計し、現実をできる限りそれに近づけようとする現状改善型の方法であり、後者は現状分析に重点を置き、システム設計へ反映させるとともに、システムの機能をより現実へ近づけるといったシステム改善型の方法である。本研究開発においては、維持管理といった体系化されていない業務の処理プロセスを取り扱う性質上、このいずれの考え方も単独で適用することには無理がある。そこで、本研究では維持管理といった問題をシステム

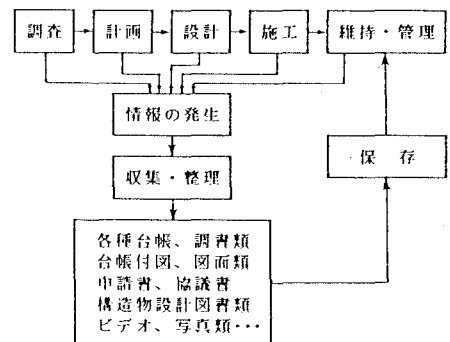


図-1 建設プロセスと情報の発生

化して扱うために、この両者の考え方を相互に補間したアプローチを指向することとした。図-2に本研究の流れを示す。図中、維持管理に係わる情報の収集において帰納的考え方が、また、試験的稼働とともに現場とのニーズの照合、検討過程において演繹的考え方が必要となる。

4. プロトタイプシステムの具備すべき要件定義

システムの要件定義として、(1)システムの利用形態、(2)取り扱う情報の範囲、(3)開発環境を明確にした。

(1)利用形態 本システムを利用するユーザは、各管理事務所等で実際に維持管理業務に携わっている技術者であり、必要な情報を引き出すだけでなく、必要に応じて情報の更新や追加などの処理が行えなければならない。また、単なる情報のハンドリングだけでなく、それを活用して実施される維持管理業務が円滑かつ効率的に行えることが要求される。このようなことを考慮するとシステムの利用形態として以下の4点が整理できる。

- ①維持管理を直接担当している事務所レベルで利用できる手軽なシステムであること。
- ②目的に応じたデータの入力、検索、更新が容易に行えること。
- ③情報の散逸を防ぎ、質の低下なしに各種情報の管理が行えること。
- ④数値、文字情報のみならず、維持管理に係わる図面や航空写真等を含めて視覚に訴えることができるマンマシンシステムであること。

(2)取り扱う情報の範囲 高速道路を対象とした維持管理業務の内容は、建設記録をはじめ各種図面情報、現場での撮影写真等、多岐にわたっており、これらの情報は、管理者側にとって単独で必要な場合もあれば、相互に参照、利用するといった場合も考えられる。このような情報を一括してシステム化し、利活用を図っていくことは、システム構築に要する労力、データの維持管理面等、システム開発、運用上、適切とはいえない。したがって、システムの要件定義として、維持管理業務で取り扱う情報の範囲を明確にすることが必要となる。ここでは、図-3に示すように目的別の項目として盛土、橋梁、舗装などといった11工種を想定し、さらに、このような工種区分は意識せずに共通に利用する情報として、航空写真、縦断図、平面図等を維持管理に係わる共通情報として位置付ける。このように取り扱う情報を定義付けることによって、データベースの構造の設計を単純化できるだけでなく、その構造の変更が容易になるなど、システムメンテナンスの面でも柔軟性を持たせることができる。現在、共通情報および11工種について各種情報の種類、内容、量等について整理を進めているが、本報文では、このうち共通情報及び工種として橋梁、切土法面の2工種を中心に紹介する。

(3)開発環境 本システム開発では、実際に管理事務所等で維持管理業務に携わっている人が利用することを考慮し、管理事務所単位で設置できるような①小型で、②安価な、③空調など特別の管理設備を必要とせず、④日本語が使用でき、⑤OSやDBMS等、特に専門的な知識がなくとも会話型で手軽に操作できることが望まれる。このような条件を満たすためには、ハードウェア、

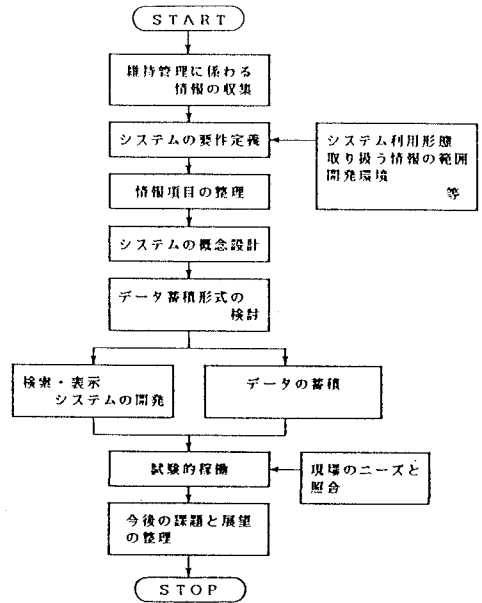


図-2 研究の流れ

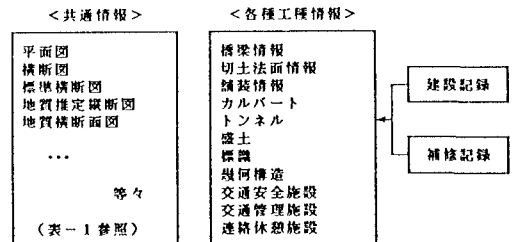


図-3 取り扱う情報の区分

ソフトウェアの適切な選定がシステムの良否を左右することは言うまでもない。

(a)ハードウェアの選定 本研究で取り扱うデータは、様々な種類の図面や写真、さらにはグラフや表などを対象としているため、グラフィック機能が優れていることは必要不可欠な条件となる。また、画像処理を行うプロセッサの処理能力や、膨大なデータ量となるイメージデータの記憶媒体を確保することは、ハードウェアの重要な選定基準となる。

(b)ソフトウェアの選定 開発言語や開発効率を左右する開発支援ツール等の選定は、ハードウェアの選定とともに重要な位置を占める。OSやDBMS、グラフィックパッケージ等の検討においては、機能上の制約を十分に把握した上で取捨選択することが大切である。

以上の点を考慮し本研究においては、ミニコンピュータやEWSクラスの計算機システムを念頭に置いた開発環境を設定している。

5. システム開発

5-1. プロトタイプシステムの全体像 本研究で開発したプロトタイプシステムの全体構成を図-4に示す。図面や写真などを有効に利活用できるようにディレクトリー方式の画像データベースの概念を組み込むところに本システムの特徴がある。画像データベース部は、図-4に示すようにインデックスデータ記憶部とイメージデータ記憶部の2つに分け、インデックスデータの管理には市販の汎用DBMSを利用し、イメージ情報の属性やイメージ情報相互の関係をデータベース化し、柔軟に検索を行えるよう配慮した。また、データベースの基本構造は、図-5に示すように基本情報データベースと詳細情報データベースに区分して考える。本システムの中核を成す基本情報データベースに付随して派生する膨大な量の情報を詳細情報データベースで受け持たせることによって多様な維持管理業務に対応できるマンマシンシステム化を指向するものである。

5-2. データの蓄積形式の検討 本研究では、前述したとおり維持管理に必要と考えられる11工種を対象情報として取り上げた。これら個々の工種の維持管理においては、それぞれ類似性をもつ情報もあれば、全く性質を異にする情報もある。したがって、工種毎にデータの種類、量、内容等を含めて入念な蓄積形式の検討を行わなければならない。

(1)共通情報 本研究で対象とする共通情報を表-1に示す。共通情報は、全てイメージデータとして扱い、原データをラスターデータに変換した上でデータベースに取り込む。共通情報の区分の定義として、カラー写真を含む写真類は「写真データ」とし、白地に黒の線画で記載されている図面類は「図面データ」とする。これらの情報の効果的な蓄積形式として、図-6に示す3種類のリレーションを設定した。

①共通図面インデックスデータリレーション：図面名やK.P. (キロポスト)、イメージデータのファイル名やカラム数等、イメージデータに係するインデックスデータを記述するリレーションである。

また、コード化されている項目については、各コードの説明が図面種類コード対応リレーションに記述される。

②中間点データリレーション：各イメージデータの位置関係を定義するための座標値を記述するリレーションである。

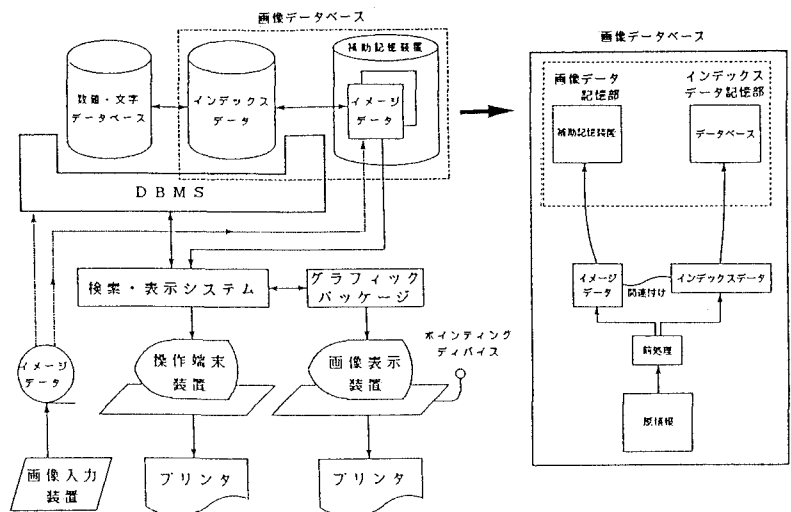


図-4 システムの全体構成

基本情報データベース

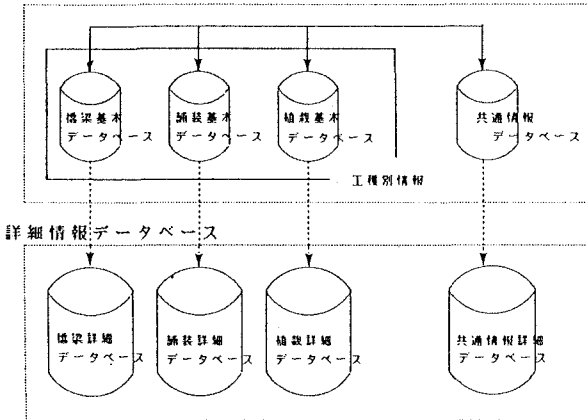


図-5 データベースの全体構造

このリレーションを用いてカーソルによって指定した地図上の任意の地点のK.P.を算出し、その位置の断面図などを検索するといった検索方式を可能とした。

(2)橋梁情報 橋梁情報は、表-2に示すように建設記録と補修記録の2つに大別できる。さらに、建設記録は、橋梁名やK.P.等の橋梁に付随する数値文字データおよび建設記録台帳、一般構造図等のような図面データに区分する。これらのデータを体系的にデータベース化して取扱うために、図-7に示すような4つのリレーションを設定した。

①橋梁基本情報リレーション:

橋梁名やK.P.、供用年月日といった橋梁に関する基本的な情報が記述されるリレーションである。また、コード化されている項目については、各コードに対応する説明がコード対応リレーションに記述される。

②橋梁-図面对応リレーション:

各橋梁に付随する図面を関連付けるリレーションである。

③図面インデックスデータリレーション: イメージデータのインデックスが記述されるリレーションである。このインデックスの参照によって図面を効率的に検索する。

④各種補修経歴情報リレーション:

伸縮装置、塗装、上部工、検査路、落橋防止装置といった項目について、施工年月日や施工業者等の補修に関する情報が記述される。

(3)切土法面情報: 切土法面情報

表-1 共通情報

	図面種類
図面データ	平面図
	横断面
	標準横断面
	地質推定縦断面
	地質横断面
	地質縦断面
	土質図
	調査地点位置図
	排水系統図
	付帯工図
	ボーリング調査表
	1/25,000地形図
写真データ	協議文書等、各種資料
	1/5,000航空写真

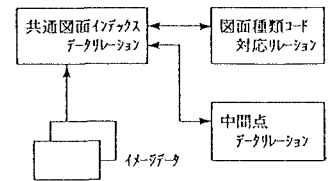


図-6 共通情報リレーション

表-2 橋梁情報

記録区分	数値・文字データ	図面データ
建設記録	- 橋梁名 - 上下線区分 - 設置場所 - 区間 - 橋分類 - 橋種 - 橋長 - 現場塗装面積	- 建設記録台帳 - 一般構造図 - 伸縮装置 - 支承
補修記録	上部工補修経歴 - 設計件名 - 設計業者名 - 工事件名 - 請負業者 - 補修年月 - 橋台・橋脚番号 - 補修箇所 - 補修位置 - 補修理由 - 補修工法	無
	塗装経歴 - 施工年月 - 工事件名 - 施工業者名 - 塗料メーカー - 橋台・橋脚番号 - 部材名 - 塗替え塗装面積 - ケレン種別 - 下塗塗料 - 下塗回数 - 下塗色 - 中塗塗料 - 中塗色番号 - 中塗回数 - 中塗色 - 上塗塗料 - 上塗色番号 - 上塗回数 - 上塗色 - 補修経歴 - 塗装部材 - 塗装程度	無
	伸縮装置経歴 - 施工年月 - 工事件名 - 施工業者名 - 製造メーカー - 上下線区分 - 橋台・橋脚番号 - 車線区分 - 橋軸方向 - 伸縮装置種別 - 延長 - 補修理由 - 補修内容	無
	検査路経歴 - 補修年月 - 箇所番号 - 検査路総重 - 検査路総延長 - 手すり総延長 - 検査用はしご個数 - 補修理由 - 補修内容	無
落橋防止装置経歴	落下防止装置経歴 - 設置・補修年月 - 箇所番号 - 種別 - 使用部材 - 補修内容	無

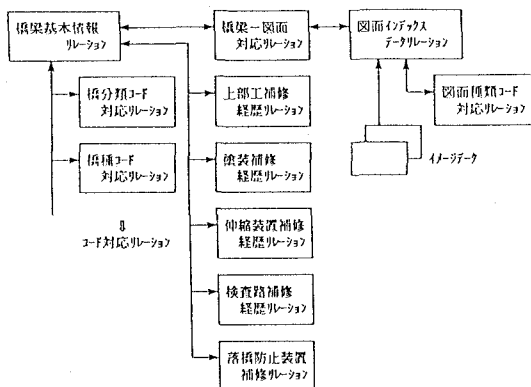


図-7 橋梁情報リレーション

表-3 切土法面情報

	基本情報	災害履歴
数値文字データ	・上下線区分 ・法面区間 ・行政区区域 ・設置箇所 ・供用年月日 ・防護 ・大地形 ・小地形 ・法面方向 ・法面上下地形 ・上方の土地利用 ・上方の築構造 ・断崖と法面 ・亀裂と法面 ・法面延長 ・法面面積 ・法面全直高 ・平均法面 ・小段幅 ・小段シールの有無 ・小段排水 ・風化 ・亀裂 ・弾性変速度 ・保護工 ・保護工区間 ・保護工面積 ・法面勾配 ・湧水 ・地質年代 ・地質区分 ・岩質区分	・災害年月日 ・災害位置
写真データ	・現場写真	・災害現場写真

は、表-3に示すように、地形や地質、保護工等の切土法面の構造諸元に関するものを数値文字データとし、切土法面の現場を記録したスチール写真をイメージデータとして区分する。現場写真は情報を視覚的に捕え、システムに人間の判断能力を介在させるための支援的な情報として位置付ける。このような切土法面情報については、図-8に示すようなリレーションを設定した。

①切土法面基本情報リレーション：行政区区域、K.P.によって指定される切土法面の位置や周辺環境等の情報が記述されるリレーションである。コード化されている項目については、各コードに対応する説明がコード対応リレーションに記述される。

②切土法面各段概要情報リレーション：小段排水や風化状況等、1つの切土法面の各段毎に共通な情報が記述される。

③切土法面各段詳細情報リレーション：保護工や法面勾配等、切土法面の各段をより詳細に細分化し、それに関する情報が記述されるリレーションである。

④切土法面災害情報リレーション：災害年月日および災害位置、災害現場写真のインデックスデータが記述されるリレーションである。

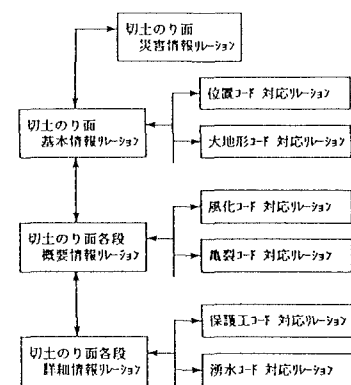


図-8 切土法面情報リレーション

5-3. データの蓄積アルゴリズム

(1)データ入力・更新とセキュリティの問題 現場第一線の維持管理に利用するデータの入力・更新手順は、当然のことながら簡便かつ容易であることが望まれる。しかし、誰しもが維持管理業務に重要なデータをいとも簡単に入力・更新できることは、情報のセキュリティ面で問題がある。したがって、本システムでは、維持管理業務を遂行する専門技術者にデータベースへのアクセス権限を与えることによって、データのセキュリティを維持しつつ、統一された簡便な処理手順でデータの入力、更新を行うよう配慮した。

(2)データの入力フロー 本システムにおけるデータの蓄積アルゴリズムを図-9に示す。基本的な入力手順は、共通情報および各種工種情報とも統一している。イメージデータについては、必要とする領域の切り出し、モザイク、縮小、ノイズ除去等の図面、書類の段階で前処理を施し、A/D変換を行う。A/D変換を行う際の読み込み精度は表示領域とデータ量を相互に考慮し、目的に応じて決定する必要があることは言うまでもない。本研究では、試行検討の結果、図面データ、写真データともに200 μ m(5本/mm)のサンプリングピッチとした。A/D変換後、磁気記憶装置の容量を有効に使用するためにデータ圧縮を行い画像データベースに蓄積していく。データ圧縮は、白地に黒の線画で表現された図

— 146 —

検索の基本手順およびそれに対応する図-11に示す具体的な検索表示プロセスを設定した。第1、第2ステップで高速道路、I.C.区間と検索対象位置の範囲を決め、第3ステップ以後対象とする情報の種類の範囲を絞り込み、最終的な情報を得る手順となっている。なお、各ステップにおいて目的とする情報が蓄積されていない場合には、常に前のステップにフィードバックできるよう設計されている。

(2)検索表示機能 本システムにおいては、共通情報および各種工種情報を独立した基本情報データベースとして管理することから、検索表示プロセスおよびそのプロセス内の個々の検索表示機能も独立して構成され、①共通情報検索表示機能、②橋梁情報検索表示機能、③切土法面情報検索表示機能、といった工種別機能に大別される。表-4にこれら検索表示機能に付随する主な機能を示す。当然のことながら維持管理で要求されるその他の工種情報については、随時システムに追加できるように成長性、柔軟性のあるシステム設計となっている。

(3)検索表示例 検索表示の一例として、図-12に切土法面現場写真とその切土に付随する情報をグラフィックディスプレイ装置上に同時表示した結果を示す。図中、表の部分はグラフィックディスプレイ装置に装備されたトラックボールによって画面上で自由にスクロール表示できる。このように現場写真とともに、それに付随する関連情報を表やグラフとして同時表示し、支援的な情報を提供できるところに本システムの特徴がある。

表-4 主な検索表示機能

検索表示機能	主な検索表示機能群
1. 共通情報 検索表示機能	① K.P.による条件設定機能 ② 共通情報検索機能 ③ 共通情報表示機能
2. 橋梁情報 検索表示機能	① 対象I.C.区間内橋梁検索機能 ② 橋梁概要情報検索機能 ③ 橋梁図面情報検索表示機能 ④ 橋梁補修情報検索表示機能
3. 切土法面情報 検索表示機能	① I.C.区間内切土法面検索機能 ② 切土法面概要情報検索機能 ③ 切土法面詳細情報検索表示機能 ④ 切土法面災害履歴情報検索表示機能



大地形	小地形	のり面の方向	のり面上方の地形	のり面上方の設備
丘陵地形	裾野	SE	逆横断	道路
のり面上方の土地利用	宅地とのり面	断面とのり面	全断面平均のり面高	
樹木	その他	不明	不明	11.8 6.0
のり延長	のり面面積	は別		
486.0	1491	2		

段高のり面高	小段高	小段高のり面高	小段高のり面高	排水	電	型	特性波速度
1	0.0	0.0	無	その他	不明	不明	0.0

番号	保 護 工				測 点	
1	植栽布工				32.3 ~ 32.4	
図例	のり勾配	湧 水	地質年代	地 質 区 分	岩質区分	
44	0	無し	不明	不明	不明	

番号	保 護 工				測 点	
2	コンクリートブロック終工 (中継・補修)				32.3 ~ 32.6	

図-12 切土法面情報検索結果

7. 研究の成果および考察

(1)情報の管理、利用 道路維持管理のための情報提供といった観点に立ったシステム化へのアプローチにおいて、情報の管理、利用といった点で以下に示す指標を得た。

①各工種ごとの情報管理：道路に関する情報を工種ごとに取り扱うことにより、効率的に情報を収集・蓄積できるだけでなく、効果的に情報を提供する体制が整備できる。また、データベース構造を基本情報データベースと詳細情報データベースの2つに区分することにより、計画、設計、施工等、複雑に関連する建設プロセスで発生する情報に対応できるようシステム構成を工夫した。これによってシステムの成長性、柔軟性を確保することができる指標を得た。但し、このようなデータベース構造においては、目的とする維持管理業務を十分に分析し、蓄積する情報を基本情報とするか詳細情報とするかを明確にすることは言うまでもない。

②K.P.による情報管理：全ての情報を「K.P. (キロポスト)」という一次元の座標によって管理し、また、検索の際にもK.P.を利用することにより、データの管理および利用といった両面からの取り扱いを可能とした。

(2)画像データベースの導入 本研究開発では、図面、写真といったイメージ情報を道路維持管理に効果的に利用するために画像データベースの概念を導入した。これにより、ポインティングデバイス等を利用したイメージ情報の視覚的な検索や数値文字情報とイメージ情報の同時表示による情報の相互利用を図り、維持管理への付加価値的利用を可能と

した。さらに対話型の簡易な操作による業務の効率化を指向するなど、従来のマイクロフィッシュや光ファイリングシステムにはない適用業務指向の特徴あるシステム構成とすることができた。

(3)小型の計算機の利用 本研究開発では、多機能な画像表示装置、表示機能を利用して、システムを構築する上で柔軟性があるだけでなく、各工事事務所等でシステムの運用が可能となるといったメリットを考慮し、ミニコンピュータやEWSクラスの計算機の利用を念頭に置いてシステムを設計している。しかし、このようなメリットを求める一方で、小型の計算機を用いてシステムを開発する場合、当然のことながら維持管理業務上、イメージデータを検索する際のターンアラウンドタイムを短縮することが必要となる。イメージデータの検索過程ではインデックスデータを対象に行うため、その検索処理に要する時間はほとんど問題にはならない。しかし、表示過程においては、出力所用時間の大部分を占めるデータ転送の時間が問題となってくる。したがって、本研究開発においてもハードウェア面から表示過程におけるデータ転送時間の短縮を検討することは、今後の課題として残されている。中央処理装置の処理能力の高速化が目覚ましく進む一方、各周辺装置とのデータ転送速度の高速化はなかなか進行していないのが現状である。

(4)ユーザーインターフェースの向上 本研究においては、メニュー形式による対話型の検索、日本語応答、ポインティングデバイスの活用による視覚的な情報の検索等、システム操作面においてユーザーインターフェースの向上に十分配慮している。コンピュータやデータベースなどに関する専門知識を持っていないくとも、誰しもが簡単に操作できるようになっており、今後の道路維持管理業務の効率化を目指したシステム化における一つの設計指針を得ることができた。

8. 今後の展望

(1)情報の高度利用形態をめざして 本研究では、システムを基本情報データベースと詳細情報データベースに区分することにより成長性のあるシステムを構築した。そこで、今後は、基本情報として扱う情報項目についてさらに十分な検討を行うとともに、維持管理に係わる各種統計処理機能や補修サイクルの予測モデル等を組み込むことにより、より高度な情報の利用方法を検討し、システムの機能を拡張することが望まれる。

(2)トータルシステムへの指向 データベースシステムを構築する上でハードウェアやソフトウェアはもちろんのこと、データウェアやヒューマンウェアといった要素が非常に重要となる。本研究開発の過程においてもこの点について出来る限り配慮した。システム開発の過程で整理できた維持管理システムに求められるべき姿を整理すると図-13の形態が指向できる。現在、維持管理業務のシステム化へのニーズが強い。しかし、このようなアプローチの場合、概して現状に合わせたシステム化を指向するがあまり、無理難題が多くなりシステム設計の段階で計画倒れになるといった傾向にある。維持管理といった複雑な問題を取り扱う上では、「システムを使うのは人間である」という認識に立ち、人間の判断を十分に介在させることができるマンマシンシステム、すなわち、人とシステムの融合を念頭に置いたトータルシステムへの指向が必要である。

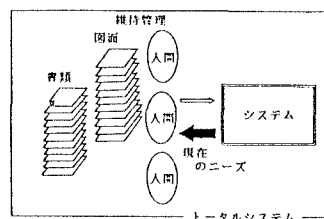


図-13 トータルシステムへの指向

9. おわりに 本研究では、道路維持管理のための情報提供といった観点からシステム化へのアプローチを検討し、実際にプロトタイプシステムを構築することにより、数多くの要素技術を蓄積することができた。本研究が維持管理に係わる情報提供のみならず、維持管理全体のシステム化の一つの指針となれば幸いである。最後に、本研究を進めるにあたり、多くの御助力をいただいた関係各位に対し、記して感謝の意を表します。

参考文献 1)大林成行、他3名：図形／画像データベースの概念設計とモデル構築、東京理科大学リモートセンシング研究所報告N0.6、1988.4