

(財)日本建設情報総合センター研究助成事業

「道路維持管理分野における建設プロダクトモデルの構築と適用性に関する研究」(その2)  
(道路維持管理業務におけるプロダクトモデルの利活用に関する研究)

報告書

平成18年9月

## 目次

1	はじめに .....	3
2	CALSの動向と課題 .....	5
3	道路維持管理業務におけるプロダクトモデル .....	7
4	道路維持管理業務における共通・共有・交換情報モデルの構築手法研究 .....	10
4 - 1	業務調査分析 .....	10
4 - 2	機能モデル .....	12
4 - 3	オブジェクトモデル .....	16
4 - 4	内部、外部の切り分け、インターフェース .....	18
5	実証実験 .....	20
5 - 1	実験シナリオ .....	25
5 - 2	実験環境 .....	27
5 - 3	実験結果 .....	28

## 1. はじめに

道路をはじめとする社会基盤施設は、建設から長い年月が経過し、設計当時には予想困難であった流通形態の変化や、交通量の増加等に起因する設計許容値を超えた運用が設備の劣化を招いている。その中で、利用者の安全を確保するために、適切な施設維持管理は欠かせない業務である。

一方、インターネットに端を発した IT 化の波は、民間のみならず官公庁の間にも浸透しつつある。建設業界においては、電子入札、電子納品をはじめとする CALS/EC の推進が加速し、各種の情報を電子化することで、業務のスピード化、情報共有による効率化、紙から電子データへの移行による省資源、省スペースなどの効果が得られている。また、これらのシステムを利用する職員の IT スキルアップや、誰でも同じように業務が遂行できる業務スキルの平準化、情報共有による確実な情報伝達により、全体としての業務効率化を図るものである。

国内の高速道路は、既に 9,230 km を供用し、未供用 3,082km におよんでいる。道路は一般に、調査計画、設計、施工、維持管理、更新というライフサイクルをたどるが、このライフサイクル全般にわたる設備品質の維持や安全性確保と、ライフサイクルコスト削減との両立は、道路管理者にとって大きな課題となっている。この課題を解決するための技術的ブレークスルーが求められている。

本研究にあたっては、高速道路のライフサイクルの中で、特に維持管理のフェーズに着目し、ここで有効なプロダクトモデルの課題とその解決に向けた検討を行う。

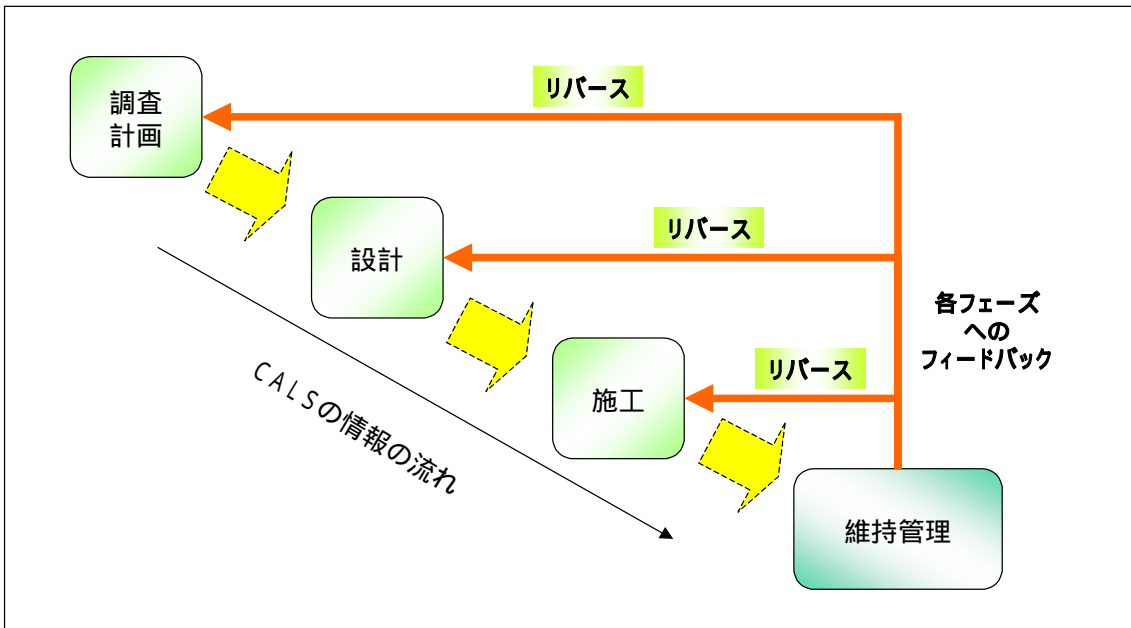


図 1-1 維持管理に着目した製品のライフサイクルにおける情報の流れ

## 2. CALSの動向と課題

CALS とは、Continuous Acquisition and Life cycle Support ( 継続的な調達と製品ライフサイクルの支援 )、または、Commerce/clerical work At Light Speed ( 電子取引・決済・事務処理におけるスピード化と効率化 ) の略語とされており、電子的手段を用いて業務の効率化を目指す各種のシステムのことである。本研究においては、国土交通省をはじめとする公共事業を対象とした「公共事業支援統合(交換/共有/連携/再利用)情報システム」を指す。

CALS は、公共事業全般のライフサイクル(調査、計画、設計、積算、入札、契約、施工、維持管理)の電子的支援とその取り組みであり、受発注者間、および発注者内部の情報共有・活用による業務品質の向上、業務効率化を図るものである。

具体的には、業務過程でのデータを電子化し、ネットワークを活用することで、文書・図面等の保管・交換、そして、組織内外における情報の共有を容易に行うためのシステムである。

公共事業はひとつの組織の内部で閉じたものではなく、国、都道府県、市町村といった地方への展開や、各種の研究機関、民間の企業が広くかかわり合って構成されるものである。従って、本当の意味での CALS の普及とは、これら関連する多くの組織が、標準化された規格に基づいて連携できるようになることといえる。

そのための課題は、大きく次の3点にまとめることができる。

### (1) CALS データの利活用の面から見たシステムの検討

今まで、データの蓄積、交換などの面から構築されていた CALS であるが、今後は、蓄積したデータをどのように利活用して業務の効率化が可能になるか、コストダウンができるかを充分検討することが必要である。当然、その検討結果をシステムにフィードバックさせることで、より使いやすいシステムを実現することができる。

### (2) 産業界における標準化動向をにらんだ標準化推進

一般の産業界では、業界ごとにデファクトスタンダードを持っているが、各業界とも標準化の方向に進もうとしていることは明らかである。

### (3) ISO 等のグローバルスタンダードの中での標準化推進

グローバルスタンダードとして規定されている ISO (International Organization for

Standardization)との整合性を高めることで、外国から閉鎖的といわれる公共事業をオープンにし、グローバル化の流れに乗せていくことができる。

本研究では、コンピュータ、ネットワークを活用した高速道路の維持管理業務を対象とし、「業務の効率化」「維持管理技術の高度化」「コスト縮減」の3つの課題を解決するためのシステムのあり方について検討を行った。

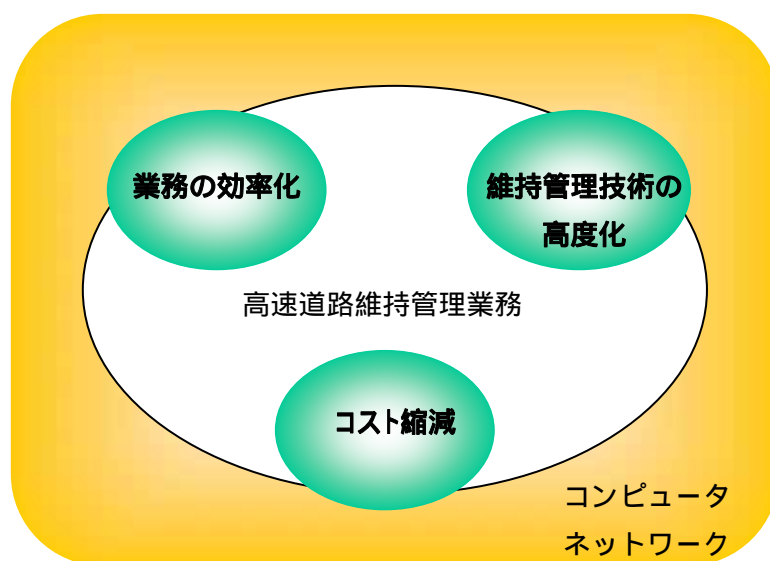


図 2-1 本研究における3つの課題

### 3. 道路維持管理業務におけるプロダクトモデル

現状の道路維持管理業務において、業務の効率化やコスト縮減が困難である原因としては、以下が挙げられる。

- (1) 個別のシステムで重複してデータを管理している。
- (2) データフォーマットが特定のアプリケーションに依存するため、アプリケーションのバージョンアップなどに際して、データの永続性が保持できない。
- (3) システム、アプリケーション間でデータフォーマットの互換性がないため、データの再利用ができない。
- (4) データの信頼性に問題がある。  
データ入力、データメンテナンス、データの二重管理などによる信頼性低下。

道路の延長が伸び、使用年数が経過するに従って情報量は増大の一途をたどる。そしてこれらの情報の管理、オペレーションコストも加速的に増加を続けているのが現状である。いかにしてシステム構築や情報の統合を行い、効率の良いシステムを実現しコスト縮減を図るか、これが本研究の課題である。

まず、情報の管理、オペレーションにかかるコストの内訳の洗い出しを行うと、図 3-1 のようになる。

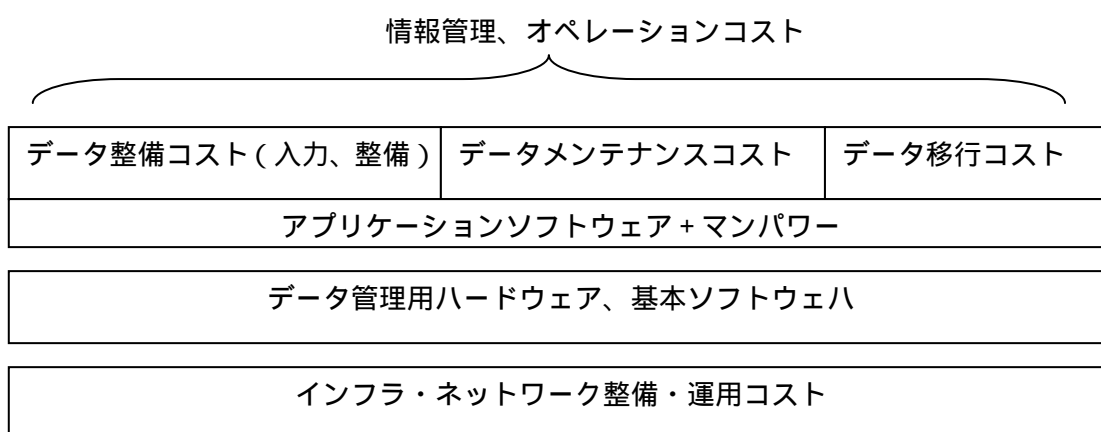


図 3-1 情報管理、オペレーションにかかるコストの内訳

インフラ・ネットワークの整備は、個別の業務とは別の観点から見る必要があるとしても、その上に乗っかるデータ管理用ハードウェアやソフトウェア、マンパワー分のコストが大きな比重を占めている。

産業界においても、C I M (Computer Integrated Manufacturing : コンピュータ統合生産) システムの導入が進められている。これは、企画 開発 設計 資材調達 製造 流通・販売 メンテナンス 破棄 (リサイクル) に至る製品のライフサイクル全般にわたる「情報」「業務プロセス」を統合管理し、部門間でのデータ共有、業務連携を推進するものである。

道路管理者では、高速道路や道路の支持構造物 (橋梁等) 自体をひとつの「製品 : プロダクト」ととらえると、C I Mと同じ方法を適用することができる。そこで、プロダクトモデルの考え方を導入し、高速道路のライフサイクル全般にわたり、業務の効率化、維持管理業務の高度化、コスト縮減の3つを実現するための検討を行った。

業務の効率化、維持管理業務の高度化、コスト縮減を実現するために、業務を明確化するとともに、業務の対象となる、製品 (プロダクト) を表現する必要がある。そのため、本研究では、業務のプロセスとプロダクトを兼ね備えたモデルとプロダクトモデルとする。

製品を表現するプロダクトモデルでは、製品の寸法や形状、材料を表現するモデルである。また業務のプロセスを表現するモデルとして、プロセスモデルを定義し、プロセスを定義するとともに、製品には直接かかわらないが、その業務フェーズ (例 : 調査、設計、施工、維持管理) で使用する機械や材料等を定義する。

道路維持管理業務のプロダクトモデルとしてUMLを用いた場合のモデル化の考え方を図 3-2 に示す。



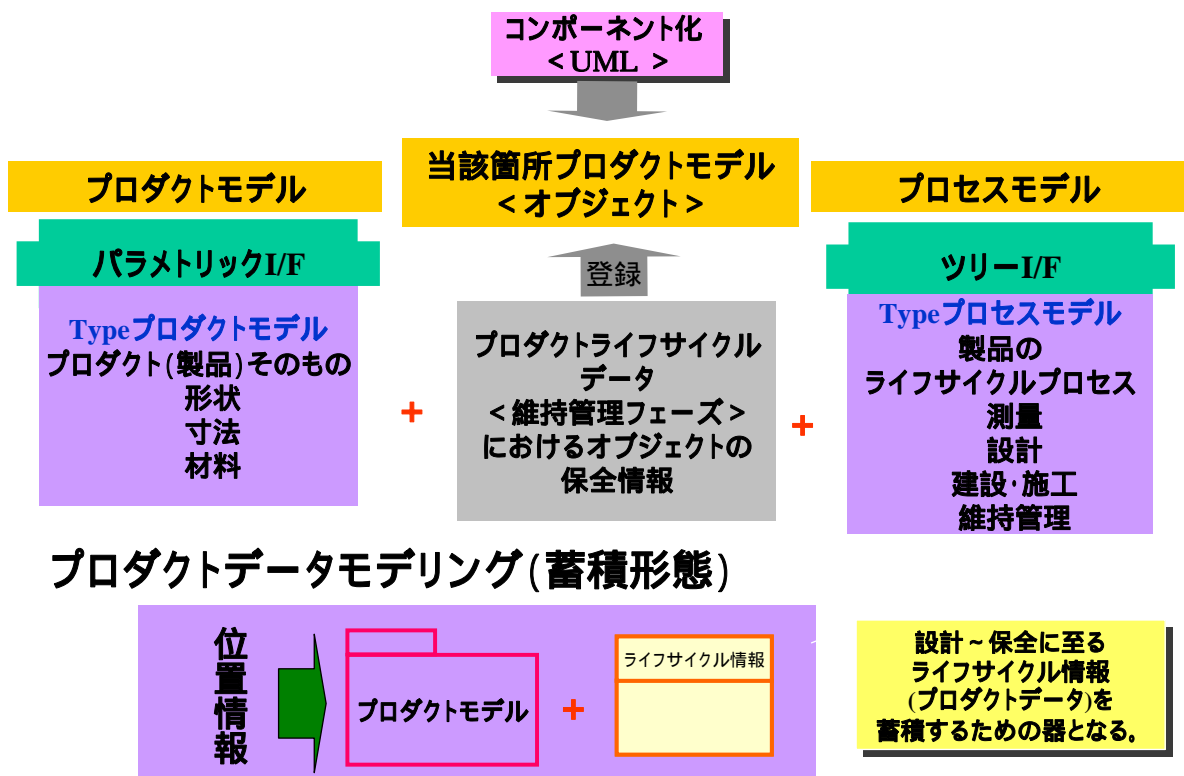


図 3-2 プロダクトモデルのアーキテクチャ

#### 4. 道路維持管理業務における共通・共有・交換情報モデルの構築手法研究

##### 4 - 1 業務調査分析

まず、道路維持管理業務の分析を行う前に、業務遂行と綿密な関わりを持つ組織について整理した。

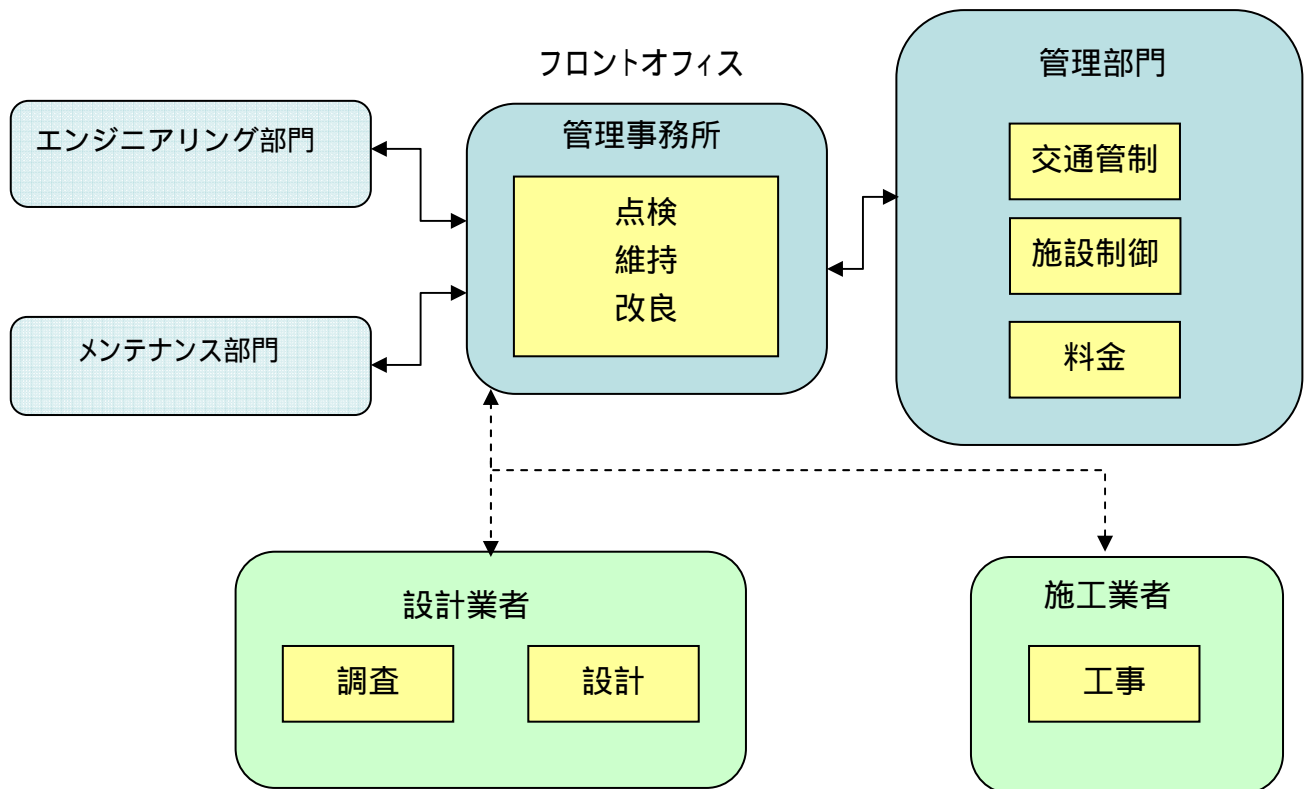


図 4-1 道路管理者、関連業者の組織構成と機能分担

一般的な道路管理者の組織構成と機能分担を図 4-1 に示す。点検業務、維持業務、改良業務の統括的な責任を持つフロントオフィスとしての管理事務所を中心に、交通管制、施設制御、料金収受を担当する管理部門、エンジニアリング、メンテナンス担当の部署（子会社）そして、外部組織としての設計業者、施工業者が連携して、道路の維持管理業務を遂行している。

また、点検業務、維持業務にかかわる業務機能の鳥瞰図を図 4-2 に示す。

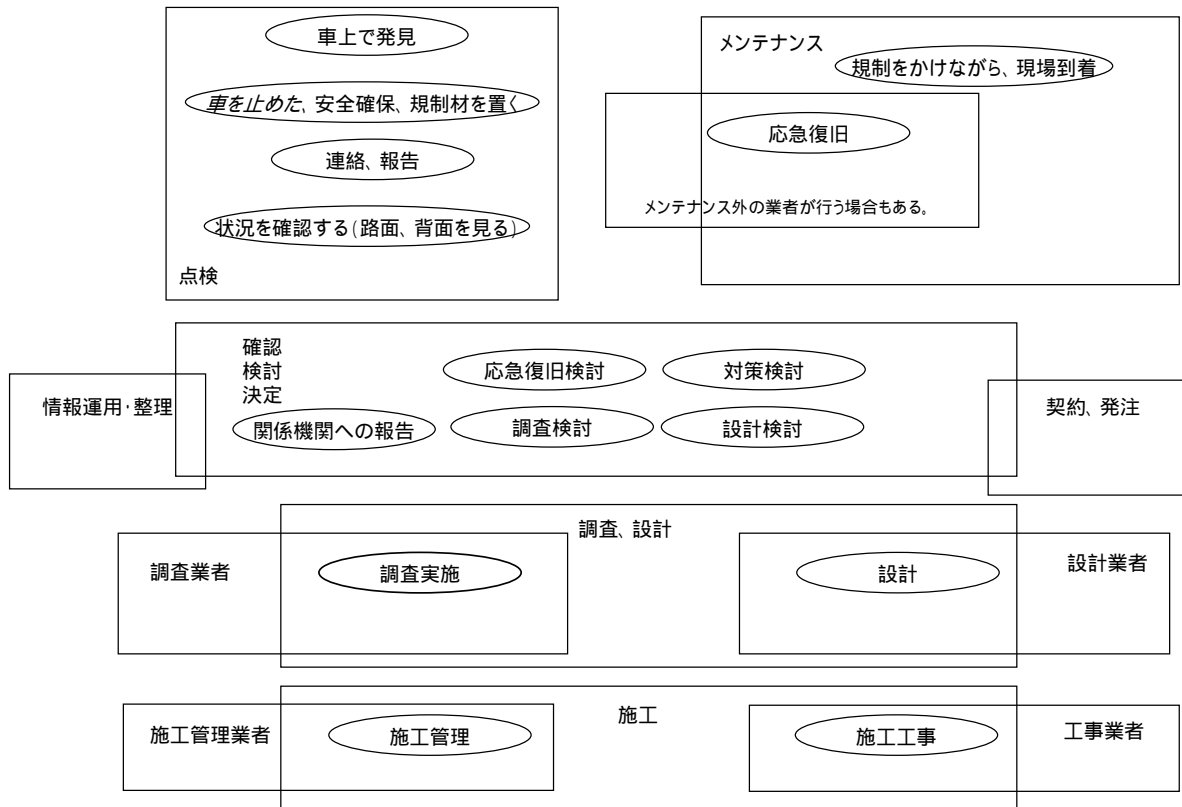


図 4-2 業務鳥瞰図

#### 4 - 2 プロセスモデル

次に、プロセスモデルの一例として、この日常点検業務で道路上の損傷を発見した場合の意思決定手順について調査し、整理を行った。

図 4-3 は損傷発見時の意思決定フローを示す。

点検は、損傷の連絡を行い、損傷部の写真記録、略図記録、安全確保等を速やかに行う。点検から連絡を受けた事務所に待機している指示者は、当該個所のデータを参照しながら、損傷の状態等を点検に確認するとともに、点検、メンテへの指示と交通管制への通報を同時に行う

ここでの問題点は、点検個所のデータが当該場所ごとに集まっていないので、当該個所のデータを収集し、損傷部の詳細確認に時間がかかることである。解決策として、データの所在管理によるデータ収集性の向上やモバイル端末利用によるリアルタイム性の向上が挙げられる。

# 損傷発見時における意思決定

(フロントオフィス)

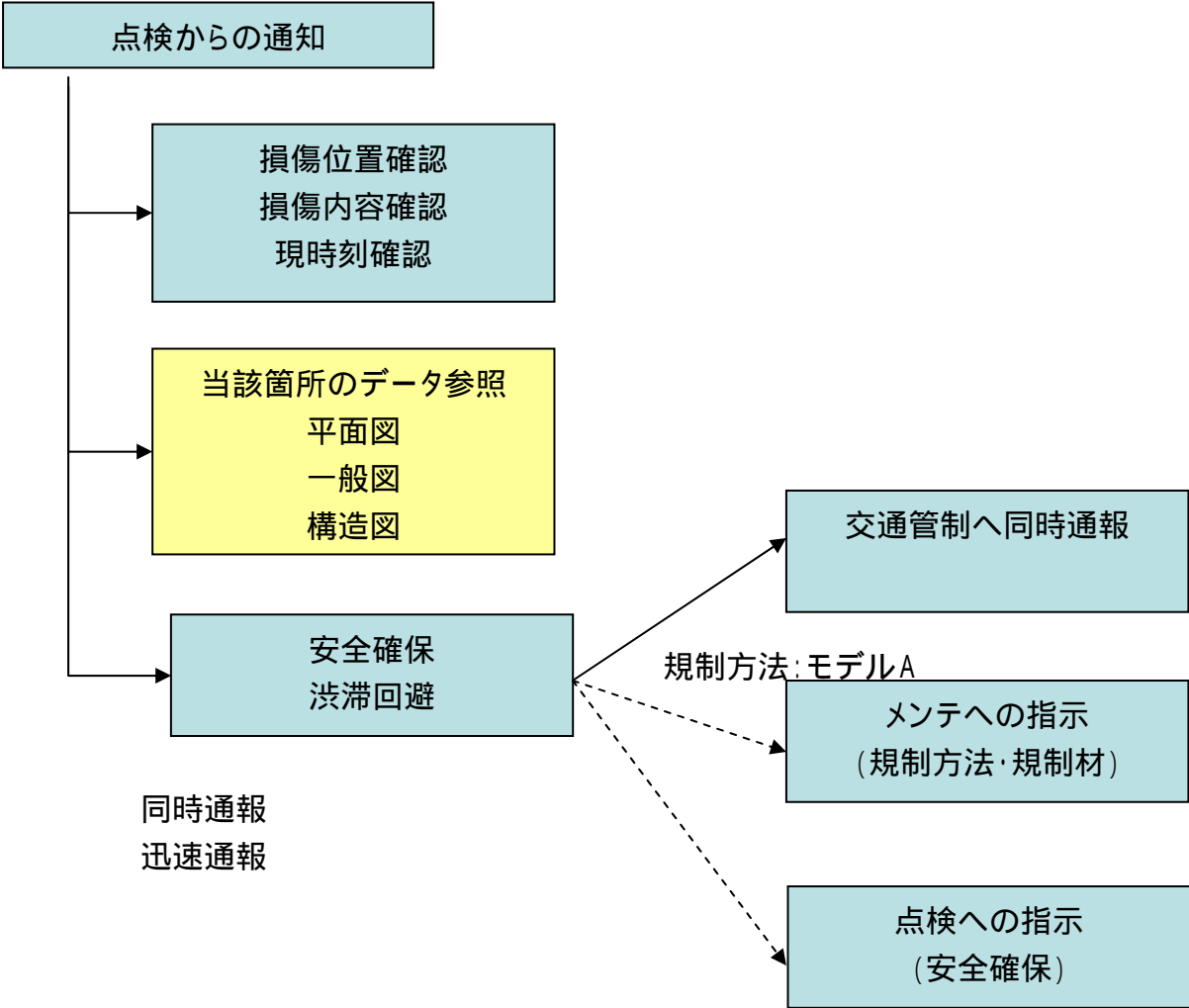


図 4-3 損傷発見時における意思決定フロー

図 4-4 は対策工時における意思決定フローである。

ここでは、点検時に発見された損傷の具体的な程度を明確にした上で、原因を推定し、原因に応じた対策工を想定し、現場の状況を勘案して、対策工を決定するという流れとなる。

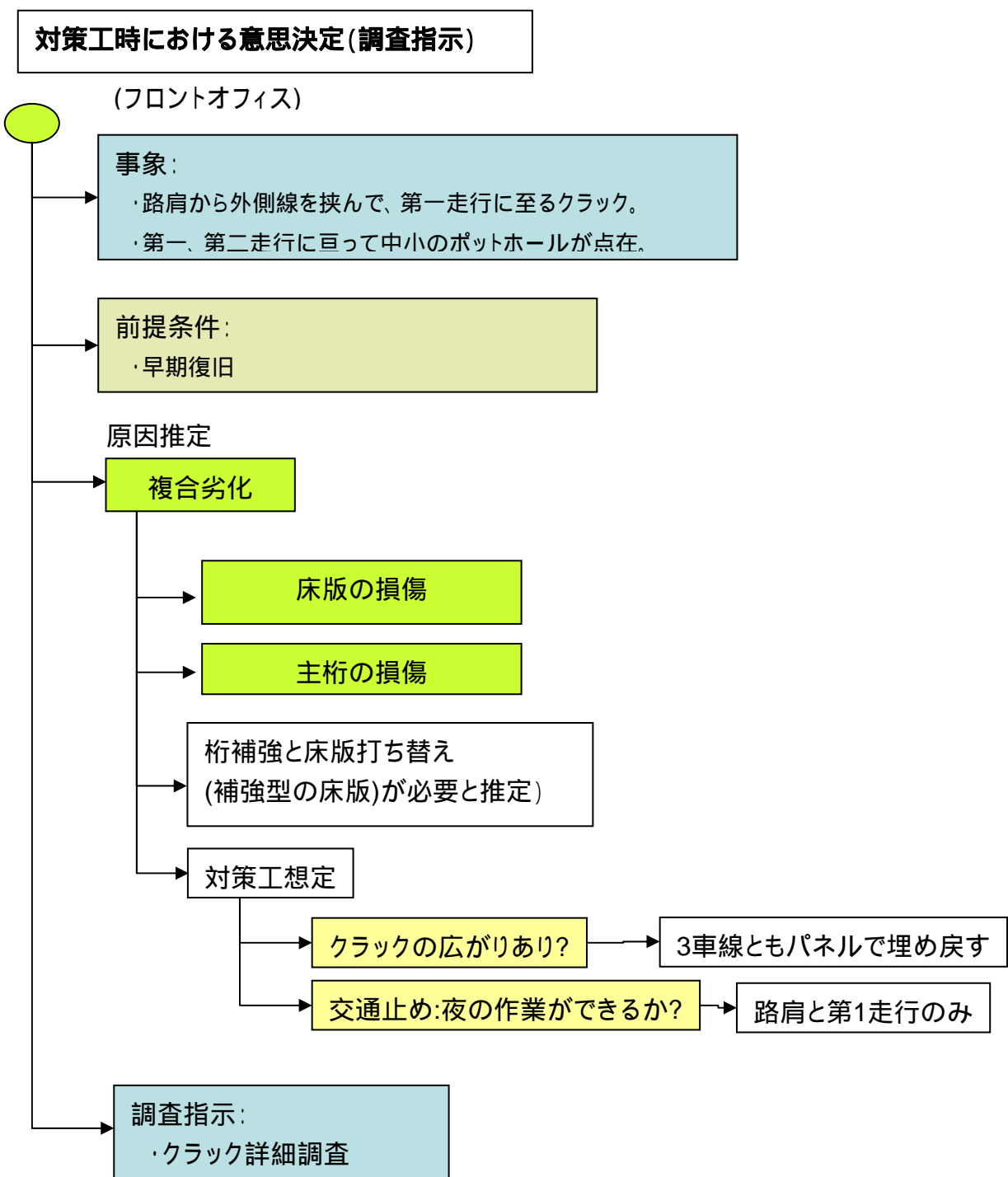


図 4-4 対策工時における意思決定フロー

### 4 - 3 意思決定時に必要なデータ

対策工時の意思決定に際しては、

図 4-5 に示す各種のデータを参照して意思決定が行われる。データは大きく分けると、現場の状況を示すデータ、点検時の状況を示すデータ、設備の構造を表わす設計施工時の図面、そして、類似工事等の工法事例である。

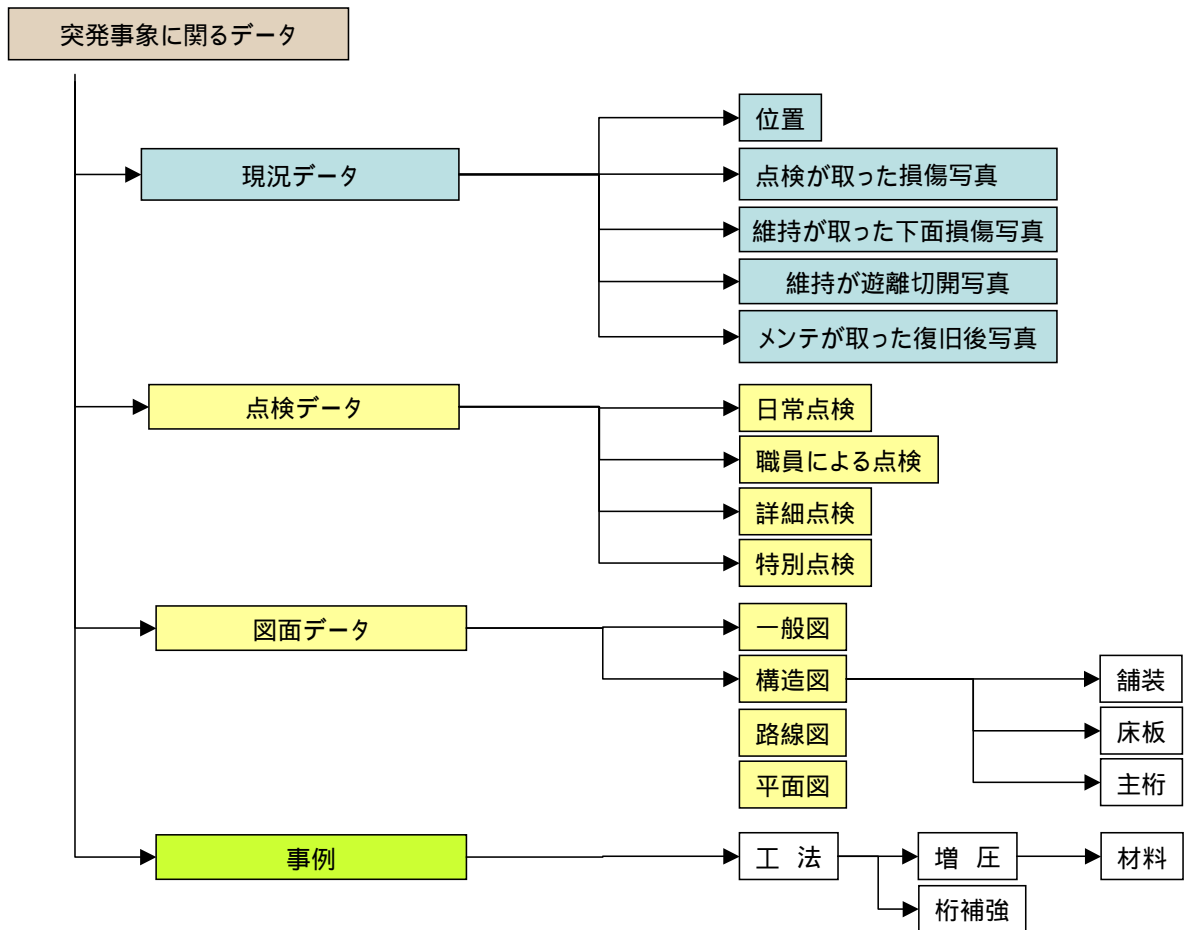


図 4-5 対策工時における意思決定の参照データ



復旧対策工にあたっては、ひびわれの程度、コンクリート品質、鉄筋・P C 鋼材の腐食等、応力測定、などによる調査と、目視でのきれつ・変形などの検査から、現状を十分に把握し、図 4 - 5 に示す各種データを参照することで、適切な工法を選定する。

また、当該箇所のプロダクトに関する情報（例：寸法、材料）に関しては、プロダクトモデルで定義されているため、プロダクトモデルを参照する。

#### 4 - 4 内部、外部の切り分け、インターフェース

日常点検時に発見された損傷の対策を行うという単純な業務であっても、適切な判断を行い、迅速な対応を行うプロセスにおいて、組織内と組織外の間も、業務の分界点をきちんと定め、組織内外のインターフェースをとって業務を進めていく必要がある。損傷発見、復旧時における組織内外の業務プロセスとデータインターフェースを**エラー！参照元が見つかりません**。に示す。

例えば、応急復旧作業の判断（**エラー！参照元が見つかりません**。判断）を例にとると、道路管理者組織内で応急復旧作業実施の判断を行うが、外部のメンテ会社は、さらに詳細調査実施可否について責任を持って判断し、応急復旧作業を実施し、写真等でその結果を道路管理者に報告する必要がある。そして、これらの復旧作業の間、交通管制は車線ごとに走行規制をかけ、安全に作業が進められるようにしなければならない。

また、対策工の具体的な検討、判断は道路管理者組織内の改良、維持担当組織が判断し、工務が積算、契約処理を行い、外部の設計業者で調査・設計、外部の施工業者で施工を行うことになる。このプロセスでは道路管理者組織内部と外部は、契約書や設計図書、完成図書、工事記録調書などのデータの受け渡しを行い、道路管理者が設計・施工の確認を行った上で、検収処理となる。

現状では、設計図面、完成図書等は、図面管理システムで管理されており、一方、日常点検の日報や写真、点検履歴などは点検管理システムにて管理されている。例えば、損傷の復旧実施後の情報は一方のシステムには反映されても、他のシステムでは反映されず、ふたつのシステム間で整合性がとれなくなるというようなことが起こっていた。これらを「プロダクトモデル」として一元管理し、ネットワークを經由して、どこでも変更でき、かつ、モバイルで現場でもオフィスと同等の処理が行えるようになると、業務の効率は大きく向上すると予想される。

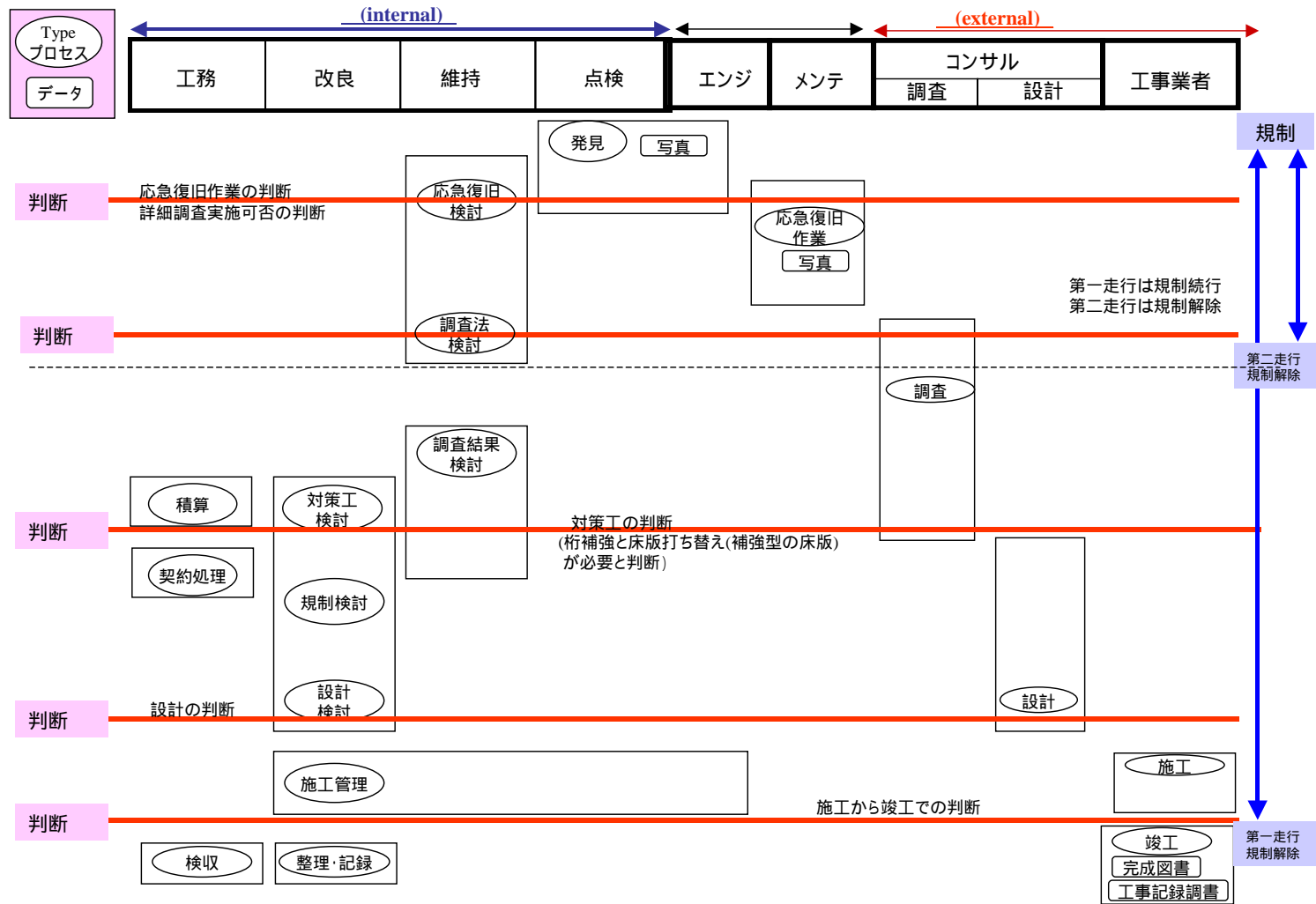


図 4-6 損傷発見、復旧時における組織内外の業務プロセスとデータインタフェース

#### 4 - 5 メカニズム

本プロダクトモデルを利用した、メカニズムを下記に示す。各種情報を Type プロダクトモデルと Type プロセスモデルを利用するにより、当該箇所オブジェクトを生成する。そして当該箇所オブジェクトを幾何構造スケルトンと連携させることにより、データを位置情報とともに運用、活用することができる。

図 4-7 にプロダクトモデルのメカニズムを示す。

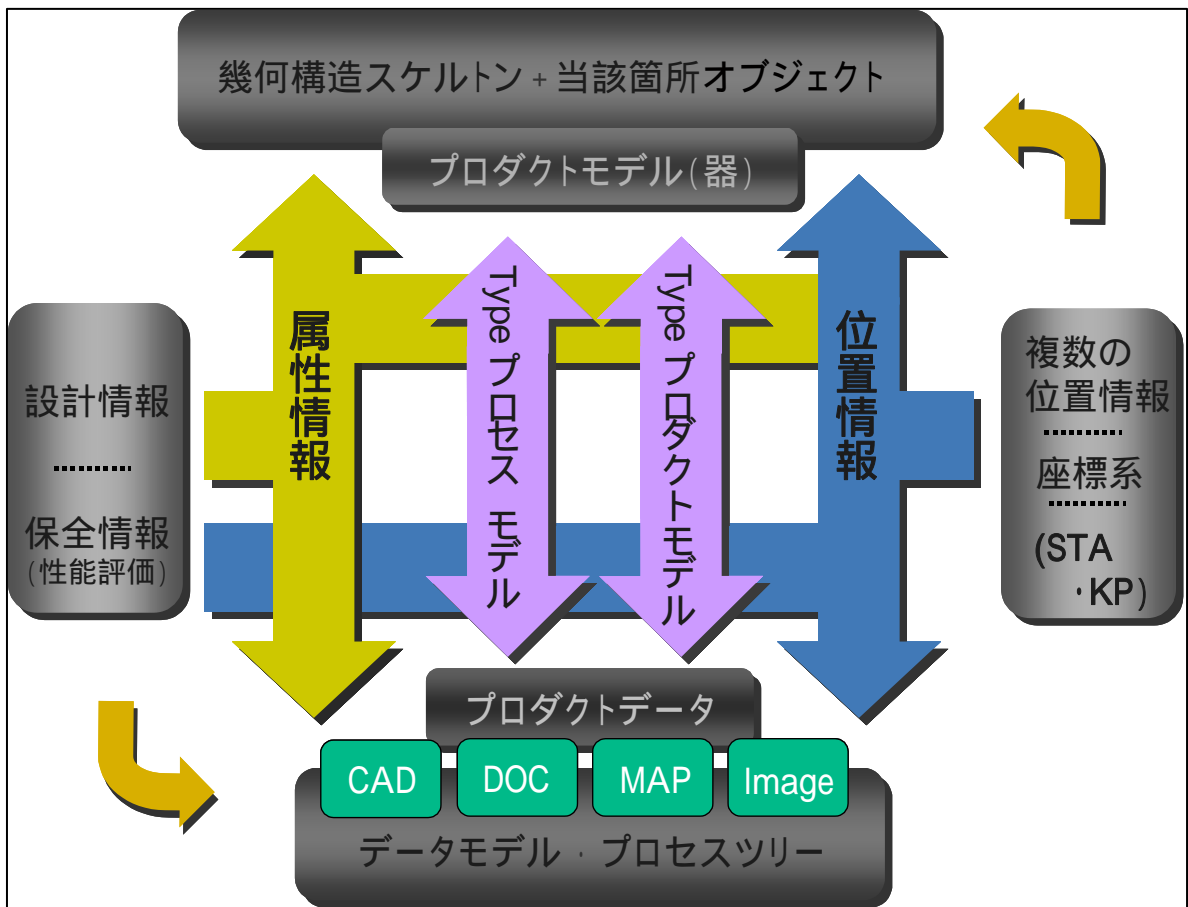


図 4-7 プロダクトモデルのメカニズム

Type プロダクトモデル：

「設計要領」「図集」等に記載されている工種毎の標準タイプのことを Type プロダクトモデルと呼称。

Type プロセスモデル：

「施工要領等」に記載されている工種毎の標準タイプのことを「Type プロセスモデル」と呼称。

当該箇所オブジェクト：

Type プロダクトモデルを基に生成された当該箇所のプロダクトモデル。

プロダクトモデルとプロセスモデルの相互運用に関する図を下記に示す。

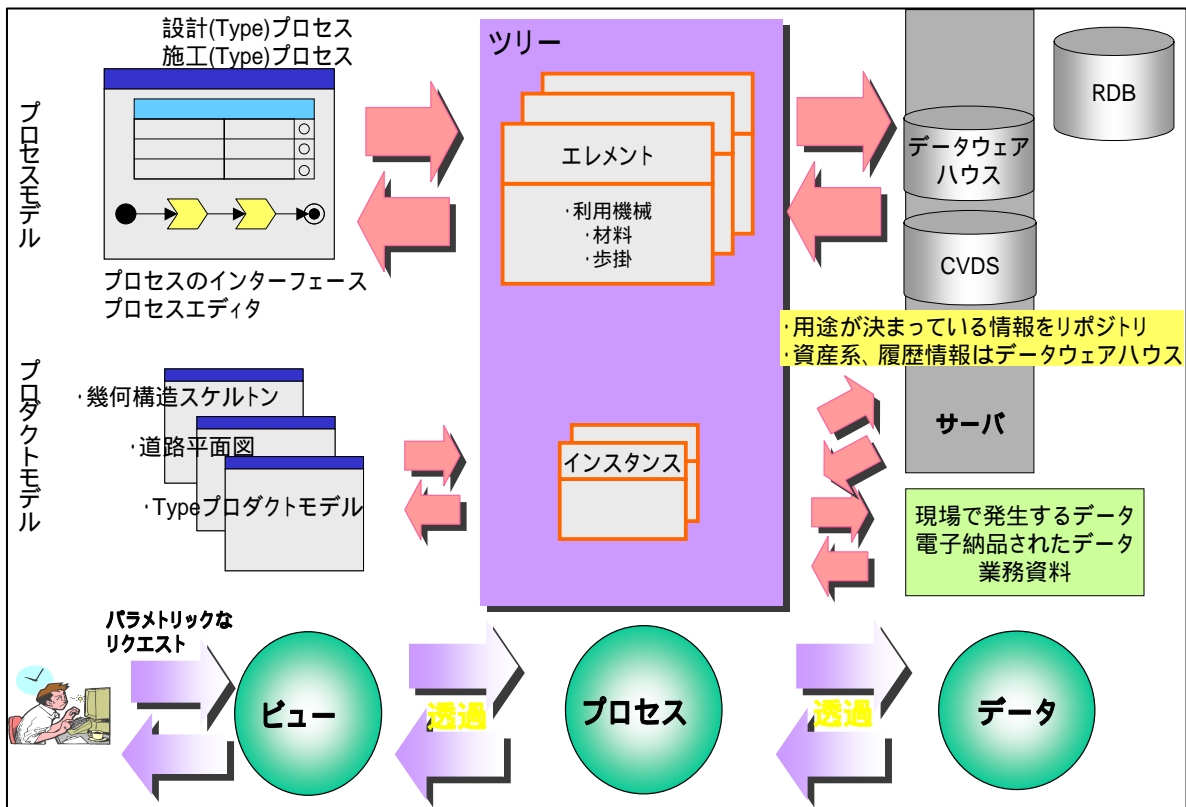


図 4-8 プロダクトモデルとプロセスモデルの相互運用

本プロダクトモデル及びメカニズムをシステム内部構造として表現した図を図 4-9 に示す。

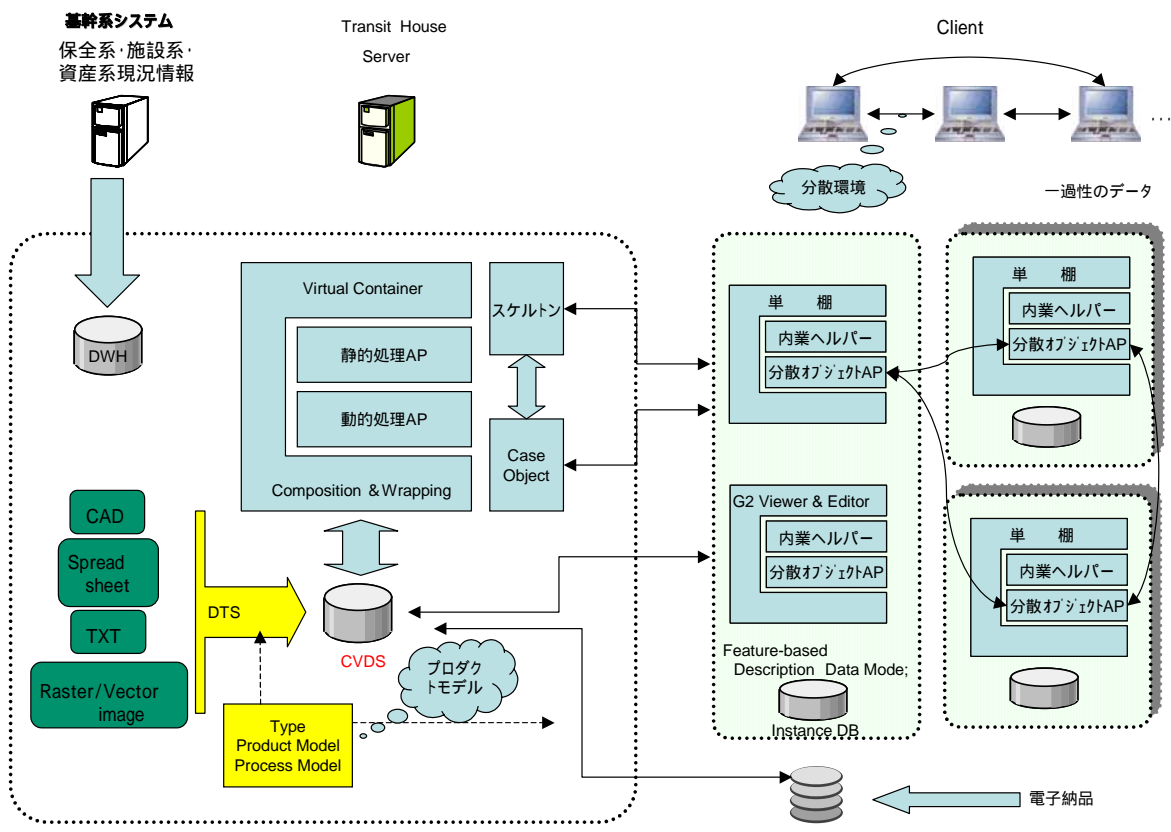


図 4-9 システムにおけるメカニズム

以下に各機構の説明を記載する。

(1-1) CVDS (Convenience Data Store)

既存システムからデータを移行し、オブジェクト指向型の形式でデータを整理・格納する。DDM(後述)を参照する。

(1-2) DTS 機能

既存システムからデータを移行するためのモジュール。既存システム毎に製作。

(1-3) DDM ( Description Data Model)

データをオブジェクト指向型の形式で整理するための定義体。  
対象業種的设计要領、図集等に記載されている工種毎に標準型のプロダクトのモデル (Type Product Model)を定義する。また施工要領毎に記載されている工種毎の標準型プロセスのモデル(Type Process Model)を定義する。

(1-4) Instance DB

DDM を利用し、当該箇所のプロダクト情報等を格納するためのデータベース。

(1-5) Virtual Container 機能

CVDS 及び Instance DB に格納されている、データや CAD データを蓄積されているナレッジを基に、必要な情報を抽出する。また抽出されたデータをプロダクトの形状に表現できるように変換し、カプセル化する。カプセル化されたオブジェクトは CASE Object となる。

(1-6) Case Object (当該箇所プロダクトモデル)

クライアントにデータを提供するため、Virtual Container から生成される。



## 5. 実証実験

### 5 - 1 実験シナリオ

プロダクトモデルの有効性を検証するために、高速道路点検業務においてポットホール発見から、補修、補修後の情報整理に至る作業とプロダクトモデルの利活用について、検証のための調査を行った。以下に想定したシナリオを示す。

#### 【損傷状況】

- ・ 場所：高架橋
- ・ 発見時間：午前10時
- ・ 状況：路面から外側線を挟んで、第一走行に至る（規模損傷発見）。
- ・ 下り線、第一、第二走行、追い越し車線にわたって中小のポットホールが点在（図5 - 1 参照）

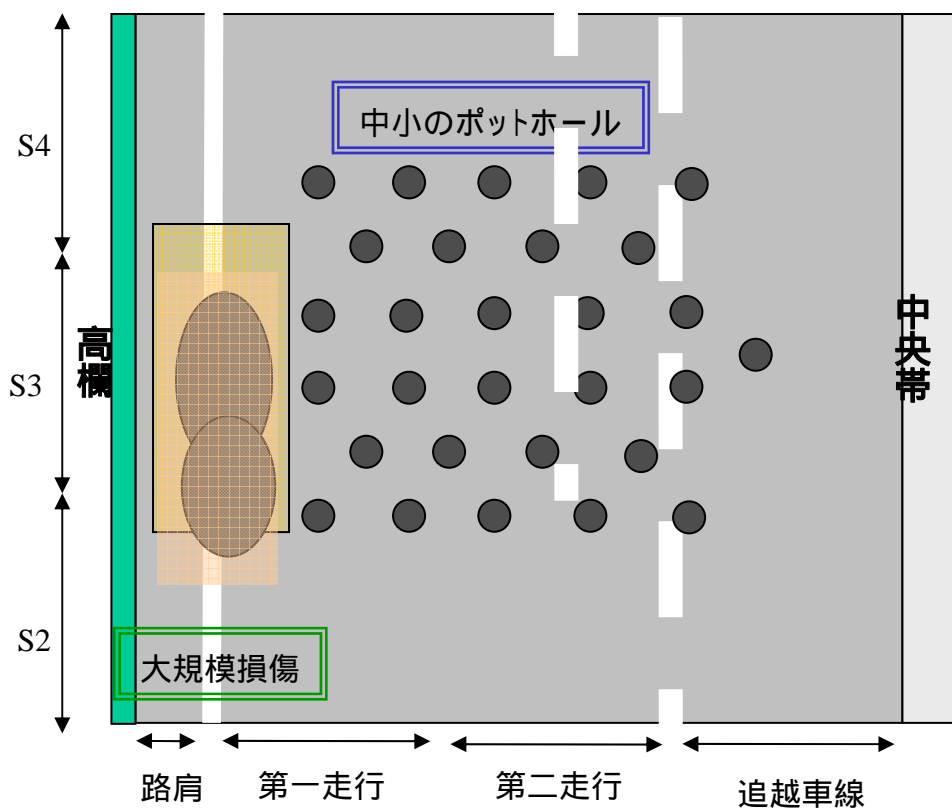


図 5-1 路面損傷の状況

【対応概要】

- 損傷発見
- 応急復旧
- 対策工検討
  - 桁補強、および、床板打ち替え
  - L C C 起動
- 調査、および設計
- 工事・施工
- 情報整理

本実証実験では 損傷発見から 調査指示まで想定して行う。実証実験時の業務の流れを 図 5-2 に示す。

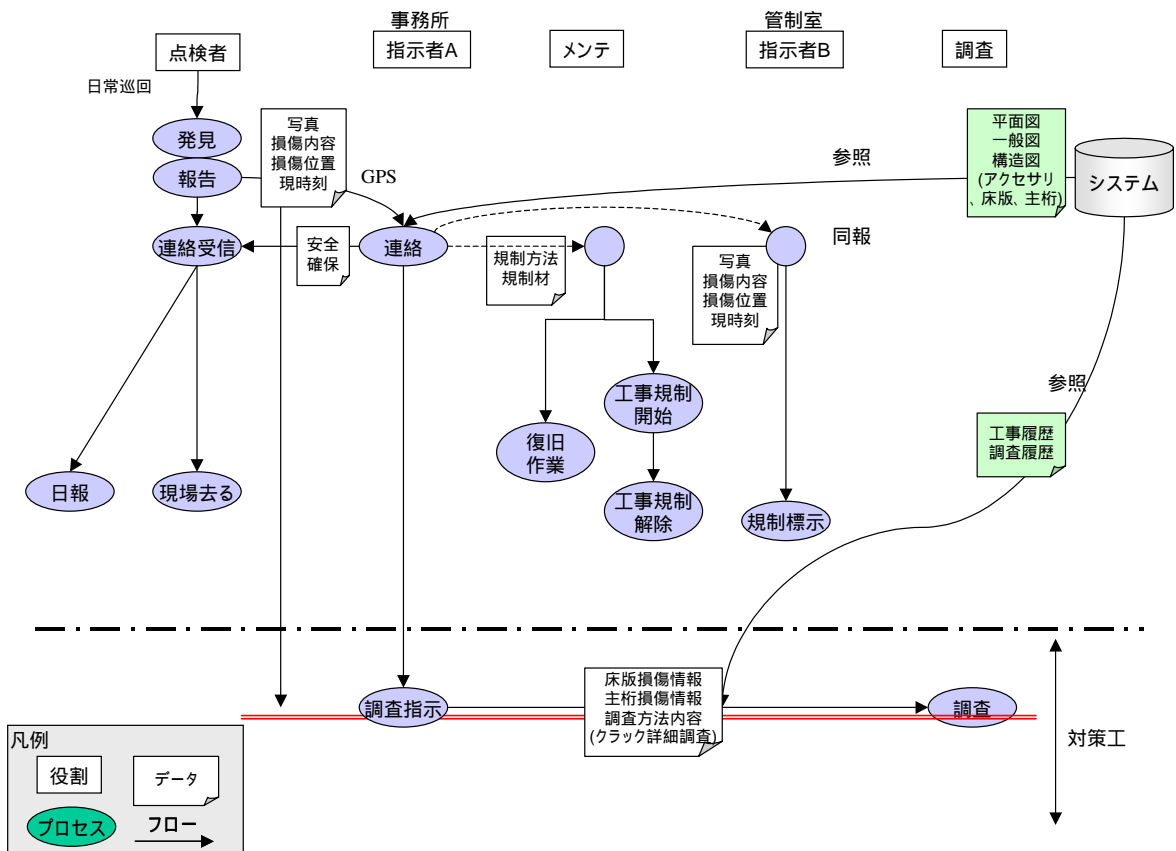


図 5-2 実験シナリオ

図 5-2 では、組織内の各部署の役割を □ で、業務プロセスを ○ で表現している。そして、各プロセスにおいて必要とされるデータを □ の中に記述している。

## 5 - 2 実験環境

本実験環境を  
図 5-3 に示す。

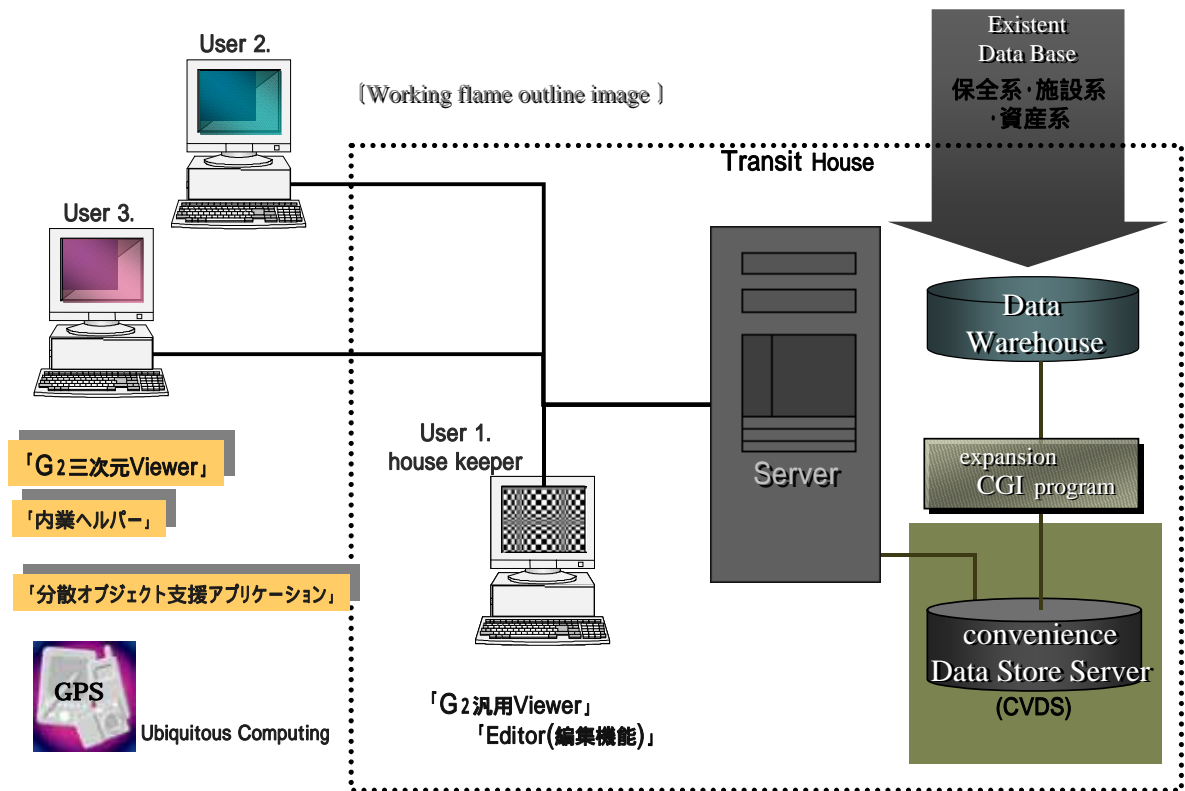


図 5-3 実験環境概要

### 5 - 3 実験結果

日常点検業務を例にとり、「プロダクトモデル」と、「プロセスモデル」から成る一元運用メカニズムの考え方を整理し、この考え方の有効性を検証した。

本実験結果により、イベントが発生した際の意思決定時に、必要な情報を容易に呼び出すことができ、効率的に業務判断が下せることを確認した。

また、プロダクトモデルとプロセスモデルにより収集・管理した各種情報を、幾何構造スケルトンを利用して表示させることができることを確認した。

本研究が今後の建設 CALS の発展の一助となれば幸いである。

謝辞：

本研究は、協力者として、東京大学 柴崎教授、関西大学 田中教授、NEXCO 中日本 山崎副所長、日本工営 小松センター長、シビルソフト 大野会長、オーエスケイ 大角課長に多大なご協力を得たので、ここに謝意を表す。

参考文献：

- ( 1 ) 土木情報ガイドブック、建通新聞社、編集：社団法人土木学会他、2005 年 11 月 7 日
- ( 2 ) 建設業界のためのデータモデル、工学社、監修：古田・三上・田中・益倉、2003 年 7 月 15 日
- ( 3 ) 建設情報の利活用、工学社、監修：古田・三上・田中・益倉、2004 年 11 月 25 日

## 助成研究者紹介

ふるた ひとし

古田 均

現職：関西大学総合情報学部

(工学博士)

主な著書：

遺伝的アルゴリズムを用いたコンクリート橋梁群の最適維持管理計画の策定、応用力学論文集、土木学会、Vol.5, pp.919-926, 2002.9.他

トーマス フローズ

Thomas Froese

現職：Department of Civil Engineering, University of British Columbia

(Associate Professor)

主な著書：

"Data Exchange Standards for AEC/FM", Presentation given to various groups in Japan, August, 2001. 他

かわかみ ひとみ

川上 一美

現職：富士電機システムズ(株) 道路技術部

(部長)

主な著書：

建設業界のためのデータモデル(共著)(工学社、2003年)他

わたなべ やすひろ

渡辺 安弘

現職：(株)東関東 土木事業部

(部長)

主な著書等：

汎用画像系データ運用システム、海外技術交流セミナー、発表、1998