

プロダクト・プロセスモデルによる 4D-CAD の 出来高部分払い方式への応用

室蘭工業大学 ○矢吹 信喜
Nobuyoshi Yabuki

出来高部分払い方式を我が国の公共工事に試行した際に抽出された課題に対して、情報技術を応用した対応の方向性を検討し、出来高部分払い方式に対応した総合的なシステムを提案した。その中で、出来高資料や検査資料の作成等にかかる作業量増加の課題に対しては、プロダクトモデルとプロセスモデルをリンクさせた 4D-CAD システムによる効率化が重要であると考えた。そこで、本研究では、出来高部分払い方式に適応する 4D-CAD システムのモデルを検討し、プロトタイプシステムを構築した。仮想的で簡単なトンネル工事を例題として、プロトタイプシステムを適用させて、本方法の実用性、適用性を検証した。

【キーワード】 出来高部分払い, プロダクトモデル, 4D-CAD

1. はじめに

諸外国の公共工事では、毎月出来高に応じて工事代金を部分的に支払う方式が一般的である。一方、我が国の公共工事では、工事請負契約締結直後に前払い金（国の場合、契約金額の 40% 以内）を、残りは工事完成時に支払う方式が通例となっている。このような方式では、支払いの回数が少なく間隔が長く、また、工期末にまとめて設計変更の清算を行うことから、①受発注者間で意思疎通が疎遠になりがちな問題、②設計変更時の片務性の問題、③工事進捗に応じたコスト意識の問題、④元請下請間でのキャッシュフローの問題等が指摘されている¹⁾。

こうした問題を踏まえて、国土交通省は、出来高部分払い方式に関する調査検討を平成 12 年度から行い、2 件の試行工事を実施し、本方式の効果の検証や抽出課題について、既に報告書¹⁾（以下、単に報告書と記す）としてまとめている。抽出された本方式の課題は、出来形資料の作成・審査・確認、検査資料の作成、検査及び支払等の事務量が増加するといった作業量の増加に関するものが多かった。報

告書では、こうした抽出課題に対する対応の方向性を、業務や管理方法の見直しや効率化という観点からまとめている。このような管理上の対応は、課題の解決に対して有効だと考えられる。

しかし、一方、資料作成や検査等の作業そのものを、機械や情報技術等を使って効率化、省力化することも対応策として考えられよう。そこで、本論文では、管理上の対応とは別に、3 次元プロダクトモデル、プロセスモデルおよび電子タグ（IC タグ；RFID：Radio Frequency IDentification）と PDA（Personal Digital Assistants）を用いた現場点検情報システム²⁾等の情報技術を切口としたアプローチから、課題に対する対応策を論じたい。

2. 出来高部分払い方式の課題

日本においては、出来高部分払い方式では、まず受注者が出来形を計測し、請求部分の数量計算を行い、出来高報告書を発注者に提出し、発注者は、出来高数量を確認することが基本である。次に、受注者は既済部分の検査資料を作成し、受発注者は検査

表－１ 出来高部分払い方式の課題と対応の方向性（報告書¹⁾より）

区分	課題	対応の方向性
出来高の報告及び確認等について	●ポイント１（課題） 工種の途中段階で部分払いを実施する場合は、新たに出来形資料の作成や審査が必要となる。また、部分払いを行う時点で最終の品質確認ができない状態における部分払いと品質確認の関係について明確にしておく必要がある。	①支払いの頻度は、請負者が毎月請求することを可能にする。ただし、毎月もれなく請求することを義務付けるのではなく、請負者が効率化も考慮し工種や工区の区切りにも留意しながら請求を選択出来るようにする。 ②例えば、コンクリートの品質確認において、１週強度試験結果等から４週強度試験結果を推定した資料で検査を行うことができ、問題なければ部分払いを行えることなどを周知する。
	●ポイント２（課題） 出来高部分払い方式の対象工事件数が増加すれば、審査・確認作業が増加し、発注者の体制の整備が必要となる。	③本方式の導入に際しては、監督職員が検査職員を兼務できるようにするなど、事務処理の迅速化・効率化策が重要である。必要に応じて制度等の見直しや体制整備も検討すべきである。
	●ポイント３（課題） 新工種が加わった場合、契約変更してから部分払いを行うため、変更回数が増加に伴い、受発注者の積算等の作業が増加する。また、契約変更が予想される工種の部分払いは過払い防止のための調整に時間を要する。	④新工種に係わる部分については、部分払いの対象とする部分に限定して数量等を確認し契約変更を行うなど、手続きの簡素化を図る。さらに、新工種に該当するかどうかの判断も含めて、部分払いのための契約変更の必要性について検討が望まれる。 ⑤指示・協議の段階で、その都度、契約変更の対象であるか否かを双方で確認する。 ⑥部分払いの金額の算定・決定をよりスムーズにできるよう、契約当初に単価等の合意を行うことが望ましい。（総価契約単価合意方式の併用）
検査資料の作成及び検査について	●ポイント４（課題） 従来と比較して、請負者が作成する検査資料の作業量増はそれほど大きくないものの、増加は見られる。また、部分払いの検査に合わせて短期間で検査資料を作成しなければならないことに対して負担を感じているが、一方で完成検査前の繁忙が緩和されるなど検査資料作成のための作業の平準化は図られている。	⑦既済部分検査の手続きの迅速化、効率化を周知、徹底する。 ※例えば、新たに作成する書類は、出来形報告書など必要最小限とし、その時点でもともと整理が必要な資料の提出・提示でよいなど、必要以上の関連資料の準備を求めないことなどを徹底。
	●ポイント５（課題） 現行の検査方法・内容で部分払いによる検査回数が増加すれば、現在の検査体制では、人的、時間的に対応が困難となる。	上記③に準ずる。
	●ポイント６（課題） 既済部分検査専用の規定はないため、完成検査と同等レベルで行っており、十分な効率化が図られていない。また、既済部分検査と完成検査の重複を避ける必要がある。	上記③及び⑦に準ずる。
支払事務について	●ポイント７（課題） 部分払い金の請求は完成時請求と異なり、工事代金の内訳の審査や確認に時間を要し、発注者側経理担当の作業量が増加する。出来高部分払い方式の対象工事件数が増えれば、現在の発注者側の事務処理体制のままであれば、対応が困難となり、標準支払期日内に支払を完了できないケースも予想される。	⑧請負者からの部分払いの請求日を、各月の末日に統一するなど事務処理の効率化を図る。また、本方式の対象工事件数が増加してきた段階では、体制整備や金額算定・経理手続きによる効率化も検討すべきである。

を実施する。最後に、両者は請負代金相当額を協議し、受注者は部分払い代金の請求を発注者に行い、部分払金の支払いが実施される。国土交通省の試行工事状況から、上記の３つの作業段階について、報告書では表－１に示すように、７個の課題を上げている。

報告書では、これらの課題に対して、例えば、ポ

イント１には、請負者が工種の途中で請求するのではなく、工種終了後にまとめて請求することもできるようにする、あるいは、ポイント２には、監督職員と検査職員を兼務できるようにする、といった業務や管理方法の見直しや効率化による対応の方向性を示している。

3. 課題に対する情報技術による対応の方向性

本節では、上記の課題に対して、情報技術を使った対応の方向性を論じたい。

(1) ポイント1に対する対応

盛土・切土やコンクリート等の工種の場合、工種の途中段階で、部分払いを実施する際、測量や計測を行い、途中段階の出来形図を作成し、施工した部分の数量計算を行わなくてはならず、請負者にとっては時間と労力がかかる。これは、3次元空間にある構造物や地面を2次元の紙の上に表現しているからであり、3次元のデータ空間内に実物寸法で表現できる3D-CADを使用することにより、相当に効率化が可能であると考えられる。

その際、特定のCADシステムに依存するのではなく、一般化されたオブジェクト指向技術を用いた構造物のデータモデルすなわちプロダクトモデルを使用することが重要である。また、工程計画と実績工程などの施工プロセスを表現する一般化されたデータモデルであるプロセスモデルを使用し、プロダクトモデルとリンクさせることにより、3次元CADに時間軸を加えた4D-CAD³⁾とすることができ、さらなる効率化が可能だと考えられる。

また、出来形の計測に関しては、レーザー光線を多数の異なった方向に発して物体から反射して戻るまでの時間により距離を計算して、物体の3次元データを作成する「3次元レーザースキャナープロファイルシステム」(図-1)を使用することにより、効率的に3次元出来形データが得られるようになる。

さらに、せっかく3次元データで出来形や出来高を計算しても、報告書が2次元の紙であれば、効率化の度合いが制限されてしまうので、基本的には、将来は請負者から発注者へは、電子的なファイルとしてメールにて受け渡しができるようにすべきである。

(2) ポイント2に対する対応

この課題は、公共工事の場合、監督職員と検査職員が別々に必要であることに起因しているので、これを解決することが先決である。さらに、ワイヤレスのブロードバンドインターネット通信などにより、現場状況を高画質のビデオ映像として、工事事務所

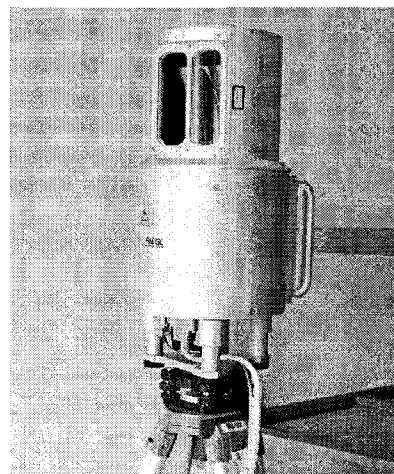


図-1 3次元レーザースキャナー
プロファイルシステム

において映すことにより、出来形や出来高の審査や確認作業が効率化されることが考えられる。

(3) ポイント3に対する対応

積算等の作業の増加に対しては、自動積算システムの導入により効率化は可能である。一方、設計変更においては、変更理由等をわかりやすく文書にし、受発注者間で打合せを行い、合意を形成する必要がある。時間と労力がかかる。特に、意見や見解が異なったり、いずれかに誤解が合った場合は、すり合わせに時間がさらにかかる。従って、速やかに合意を形成するためには、会議において短時間に各種の正確な情報を提供するシステムが必要だと考えられる。そのためには、連動した複数台のコンピュータと各種のアプリケーションシステムをプロダクトモデルとプロセスモデルを核として統合化し、ミーティングルーム内の複数のスクリーンにコンピュータの画面を映し出しながら操作するCIFE iRoom⁴⁾のようなシステムが有効であると考えられる。こうしたコラボレーションシステムによる情報の共有を行いながら、透明な施工管理を行うことが肝要と考えられる。

(4) ポイント4に対する対応

検査資料の作成に負担を感じるのは、検査のために別途、資料を作成しなければならないからである。検査の対象となる既済部分の品質に関するデータ、例えば、コンクリートの配合、スランプ、7日強度、28日強度等のデータを、生コンクリート業者から請

負者の施工管理データベースへインターネットを使ってシームレスに投入でき、また、発注者へは、検査資料として別途用意するのではなく、生の施工管理データを確認できるようにすれば、効率化が可能である。コンピュータのデータベース用サーバを自社で保有して管理することに抵抗がある中小会社の場合は、ASP（Application Service Provider）を利用することも考えられる。

（５）ポイント５に対する対応

ポイント２に対する対応に準ずるが、さらに、もし検査職員が現場で既済部分を検査する際、様々な施工に関する質問をするが、それに対して適確な回答を即座に与えられるようにするために、請負者は相当な負担を感じると考えられる。そこで、我々が従来より研究を進めている現場点検情報システム²⁾すなわち、小型で電池不要の電子タグに、施工データや請負者による点検データ等を記憶させ、現場において、検査員は PDA に電子タグデータ読取装置を付けたものにより、必要なデータを読む、といった方法で対応することで効率化が図られると考えられる。

（６）ポイント６に対する対応

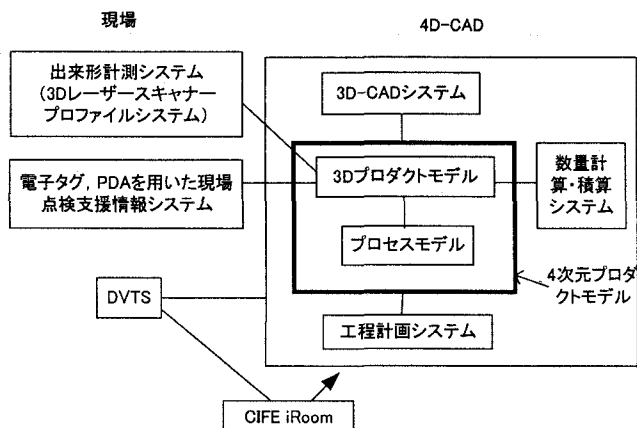
ポイント２と４に対する対応に準ずる。

（７）ポイント７に対する対応

請負者から提出された電子的な出来高報告書のデータを発注者が確認した後、経理担当部門の職員が再度、経理処理用コンピュータにデータ投入するのでは、工事件数が増加すれば対応が困難となる。従って、出来高報告書の出来高データを XML（eXtensible Markup Language）を用いて記述し、電子的にデータを工事管理部門から経理担当部門へ送り、確認後、SOAP⁵⁾（Simple Object Access Protocol）を用いた Web サービス⁶⁾により経理処理用データベースに自動的に投入できるようにすることが望ましい。さらに、銀行振込の事務手続きも自動化されることが望まれる。

４．出来高部分払い方式に対応したシステム案

前節の考察において出来高部分払い方式に関する課題に対する対応策として有効だと考えられたシステムを以下に示す。



図－２ 出来高部分払い方式に対応した統合化されたシステム構成

- ① 3次元プロダクトモデルとプロセスモデルを核とした 4D-CAD
- ② 3次元レーザースキャナープロファイルシステムによる出来形計測
- ③ ワイヤレスのブロードバンドインターネット通信による DVTS（Digital Video Transport System）
- ④ 複数の統合化されたアプリケーションシステムを複数のスクリーンに映す CIFE iRoom
- ⑤ 電子タグや PDA を用いた現場点検支援情報システム
- ⑥ ASP を用いた元請・下請業者、発注者間におけるデータベースの利用
- ⑦ SOAP を用いた Web サービスによる発注者内の工事管理用及び経理用データベース間のデータの自動転送、チェック処理システム

以上のシステムを開発し、統合化することにより（図－２），課題を情報技術の側面から解決していくことが可能だと考えられる。但し、本システムは研究段階であるから、直ちに現場において全て実用可能というものではないことを付記する。本論文では、①の 4D-CAD システムについて記す。

５．プロダクトモデルとプロセスモデル

（１）プロダクトモデル

プロダクトモデルは、異なるソフトウェアやシステム間で構造物や製品等に関するデータの相互運用ができるように、プロダクトを構成する部分の名称

や寸法、材料等の属性、位置関係等に関するデータの表現仕様を、オブジェクト指向技術に基づいて規定したものである。プロダクトモデルに関しては、主に製造業分野では ISO 10303⁷⁾ (STEP: Standard for the Exchange of Product model data) が、建築分野では IAI⁸⁾ (International Alliance for Interoperability) の IFC⁹⁾ (Industry Foundation Classes) が国際標準として策定され、実用化に向けて仕様が開発されつつある。

我が国の土木分野では、建設 CALS/EC が進行中であるが、2 次元 CAD 図面データのやり取りのレベルにあり、3 次元プロダクトモデルへの取り組みは建築分野に比べると遅れている。我々は、これまでに、鋼骨組構造、水圧鉄管、プレストレストコンクリート中空床版橋等を対象とした 3 次元プロダクトモデルを開発し、コンピュータに実装し、数種類の異なるアプリケーションシステムとの統合化を行う研究を行った^{10)~13)}。今後、実用化されていくことが望まれる。

(2) プロセスモデル

一方、構造物が建設される施工過程を表現するモデルとしてプロセスモデルがある。プロセスモデルもオブジェクト指向技術に基づいて、施工の各種作業をクラスとして階層構造により表現し、「鉄筋を配置する」や「コンクリートを打設する」といった実際の具体的な作業はインスタンス (例) として表現するようになっている。プロセスモデルのインスタンスには、属性として、施工にかかる日数、開始予定日、終了予定日、必要とする施工機械や人員など

のデータを持たせることができる。

6. 4D-CAD システムモデル

(1) システムモデル

プロダクトモデルとプロセスモデルは、図-3 に示すように、インスタンスレベルで関係するもの同士をリンクさせることができる。これは、プロセスモデルのタスクのインスタンスは「<部材>を<動詞 (する)>」という表現となっており、その<部材>の部分がプロダクトモデルのインスタンスと対応するからである。この対応は 1 対 1 が基本であるが、例えば「PC 桁 No.4 を設置する」というタスクと「PC 桁 No.4 を大型機械通行のため一時的に吊り上げる」というタスクは 1 対多対応になる。

しかし、全てのタスクを時間軸の中に配置し、3D-CAD システム、プロダクトモデル及びプロセスモデルを統合化した 4D-CAD を使用することにより、施工手順を 3 次元空間の中でアニメーションのように表現することが可能となる。

本研究では、出来高部分払い方式における計算や事務量を軽減するために、数量計算・積算、施工計画システムを統合化して、図-4 に示すようなシステムモデルを開発した。尚、図-4 は一般化された「モデル」を示すものであり、実際にコンピュータ上で動作するものは、モデルを具現化した「システム」である。

(2) 施工計画システムとプロセスモデルの統合

施工計画及び工程管理は、通常、バーチャート (ガントチャート) が使用されている。バーチャートを

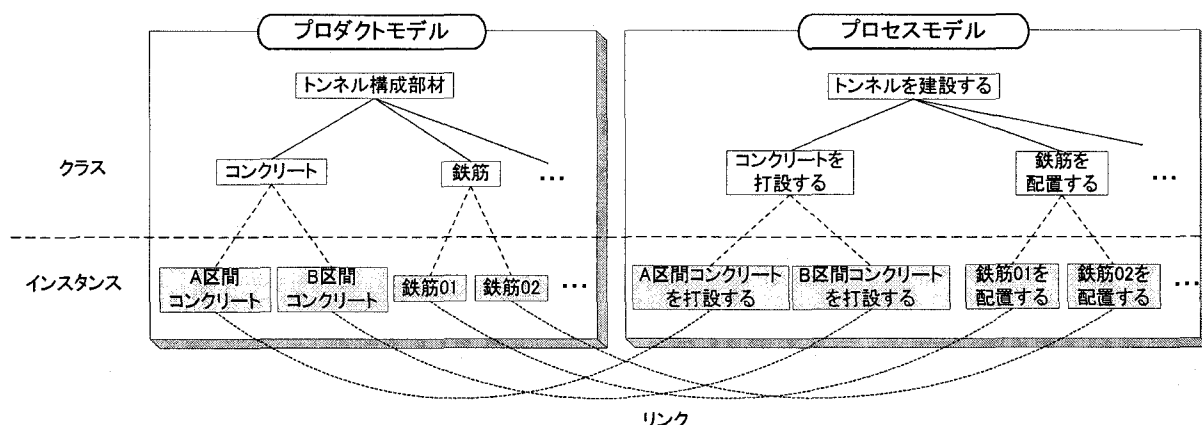


図-3 プロダクトモデルとプロセスモデル及びその関係

ベースにする施工計画システムから工種、各工種の開始日、終了日等のデータを抽出し、プロセスモデルのデータ（インスタンス）を自動的に作成するプログラム（コンバータ）を開発することにより、施工計画システムとプロセスモデルを統合化することが可能である。

（３）数量計算・積算システム

プロダクトモデルは構造物の各部材やコンポーネントの３次元形状データや各種属性データ等を保有することができることから、各工種の数量を自動的に計算により求めることが可能である。さらに、プロダクトモデルとプロセスモデルは互いにリンクしているので、指定した日から別の指定した日までで工事が出来上がった部分の数量を求めることが可能となる。プロセスモデルがなければ、これは不可能である。求めた数量に単価を掛け合わせることで、ある期間の出来高を求めることが出来る。

（４）4D-CAD システム

プロダクトモデルのデータは、文字列であるから、そのままでは、人間が構造物等の形状を認識することは困難である。そこで、３次元 CAD システムをユーザインタフェースとして使用する。プロダクトモデルのデータを自動的に読取り、CAD システムで形状を表示したり、逆に CAD システムを用いて、形状モデリングをしながら、プロダクトモデルのデータを作成するプログラム（コンバータ）を開発することにより、両者を統合化することができる。

さらに、プロダクトモデルとプロセスモデルはリンクしており、プロセスモデルは施工計画システムとコンバータによりリンクしている。従って、バーチャートのスクロールバーが示している日付において工事が完成している部分（出来形）を表示することが可能になる。スクロールバーを左右に移動させることにより、３次元 CAD システム上では施工過程がアニメーションのように表示される。このようなシステムが 4D-CAD である。

7. 4D-CAD の実装と出来高部分払いへの適用

本研究では、4D-CAD システムモデルをコンピュータに実装してシステム化し、仮想的で簡単なトンネル工事を対象例として、出来高部分払い方式の適

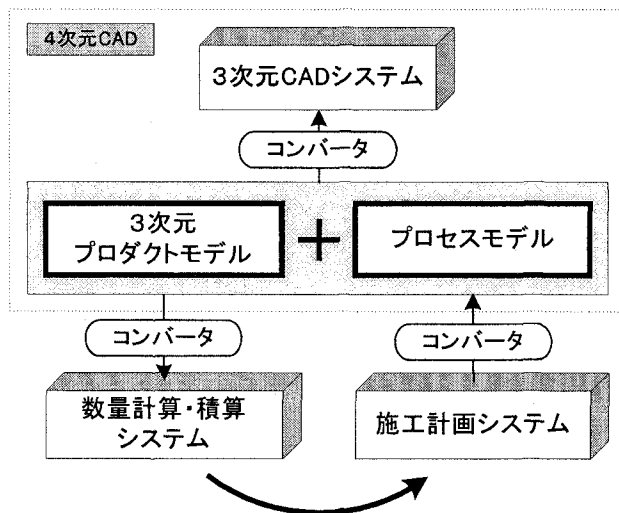


図-4 4次元CADシステムモデル

用を試みた。

（１）実装

プロダクト及びプロセスモデルは、IAI の IFC Release 2x を基本とした。両モデルに基づいた、構造物のモデルデータであるインスタンスは、XML スキーマである ifcXML¹⁴⁾ を用いてコンピュータに実装した。

バーチャートによる施工計画システムとしては Microsoft Project 2000 を使用した。さらに、VBA (Visual Basic for Application) 及び XML パーサ Version 2.0 を用いて、バーチャートから工種、各工種の開始日、終了日等のデータを抽出し、プロセスモデルのインスタンスを自動的に作成するコンバータを開発した。

各支払日毎の出来高を求めるための数量計算・積算システムを Microsoft Excel, VBA 及び XML パーサを用いて開発した。このシステムでは、プロダクトモデルからは形状データを、プロセスモデルからは各工種の開始日、終了日、支払日等のデータを抽出し、自動的に数量と金額を求め、表形式で表示するようにした。

3D-CAD システムとしては、AutoCAD2002 を使用した。AutoCAD とプロダクトモデルの間でデータを交換するコンバータは、VBA を用いて開発した。また、Microsoft Project 2000 のバーチャートのスクロールバーの指す日付から出来形を AutoCAD で表示するプログラムを VBA により開発した。

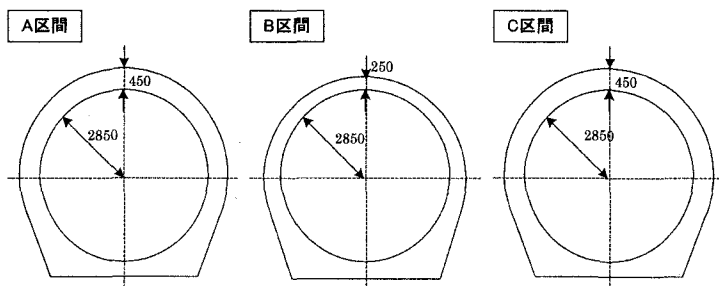


図-5 トンネル断面図

(2) 仮想的な導水路トンネル工事への適用

実装したシステムを仮想的なトンネル工事に適用しながら、モデルおよびシステムの検証を行った。対象としたトンネル工事は、延長が54mで、断面は図-5に示すように、内径がD5.7mであり、トンネル掘削断面は、岩盤の状況により、コンクリート巻立厚が異なり、入口に近いA区間と出口に近いC区間は中央のB区間より厚い。各区間は、18mである。コンクリート内には配筋も行う工事である。

地表の標高データは、等高線からグリッドデータを内挿法により求め、AutoCADにデータ入力し、トンネルの形状もAutoCADに入力しながら、コンバータにより同時にプロダクトモデルのインスタンスを自動的に生成させた。プロダクトモデルのインスタンスファイルの一部を図-6に示す。

次に、Microsoft Projectを使用して、計画工程と実施工程を作成した(図-7)。さらに、コンバータにより、バーチャートから自動的にプロセスモデルのインスタンスファイルを生成した(図-8)。

次に、数量計算・積算システムを使用して出来形および出来高を計算するのであるが、トンネルのように延長が長く連続している場合、工種の途中で出来形を計測し、出来高を計算するのがやや面倒になる可能性がある。そこで、本研究では、図-7に示すように施工プロセスを考慮した「セグメント化」をプロダクト及びプロセスモデルに適用させることを提案し、適用することとした。セグメントの寸法は、施工単位をベースにして決める。トンネルの場合であれば、巻き立てコンクリートの鋼製形枠の長さ(例えば、6m)等が一つのセグメントとなる。この事例では6mをセグメント長とし、A、B、Cの各区間(延長18m)を3つのセグメントに分けた。こ

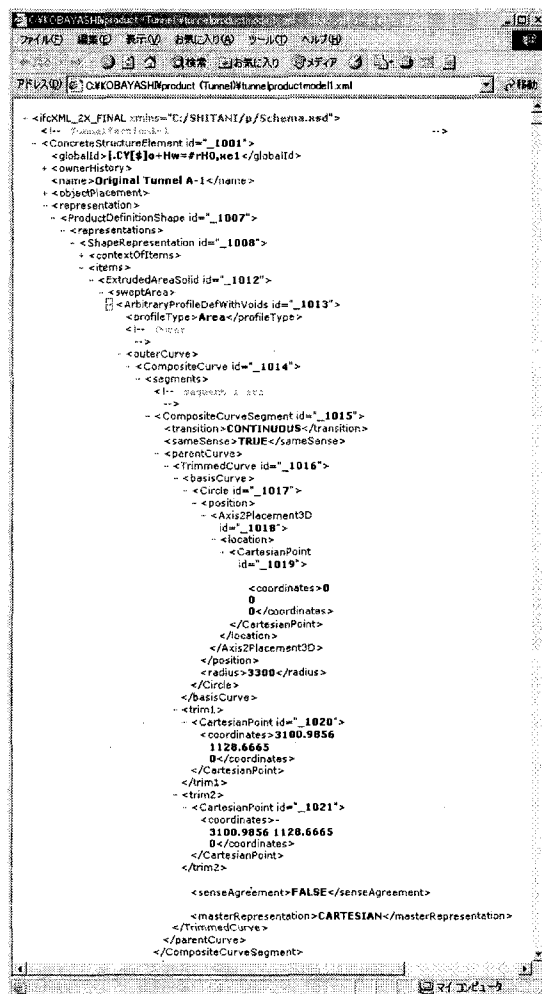
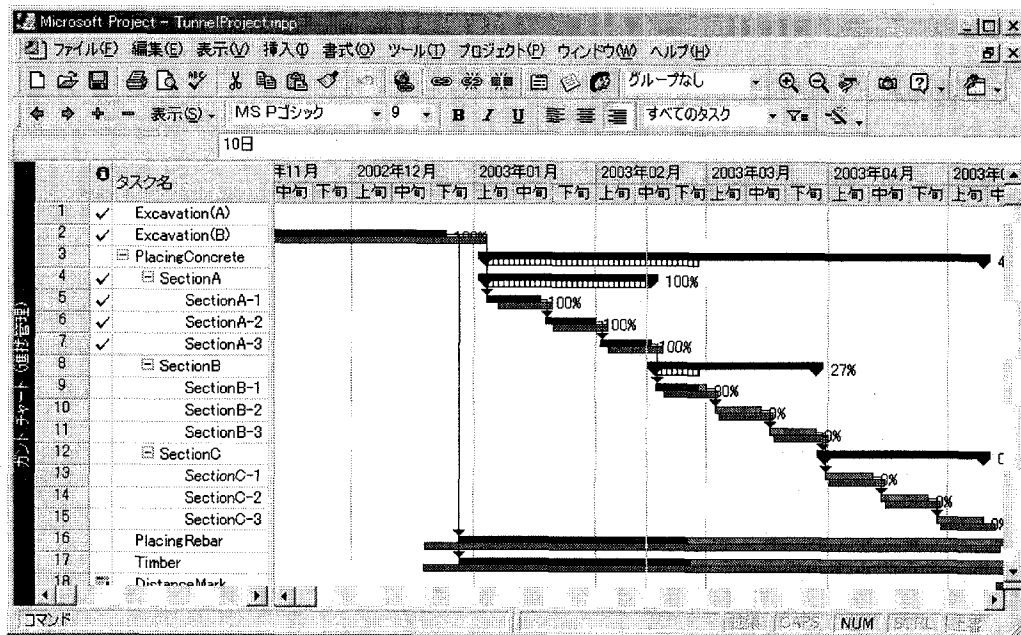


図-6 プロダクトモデルのインスタンス

(トンネル工事のコンクリート部分を対象とする)

れにより、出来高を短いセグメント単位で管理でき、出来形や出来高の資料作成、審査及び検査も容易になると考えられる。

トンネル工事の数量と積算の例を図-9に示す。全体工事費は、この例では、直接工事費、仮設備費及び間接費の3つに分けた。当該期間の出来高数量に単価をかけて求めた金額が出来高になるが、実際の支払は、前払率を r で後払率を s ($0 \leq r, s \leq 1$)とすれば、求めた出来高に $\{1 - (r + s)\}$ を掛けた額を直接工事費の部分払いとすることになる。さらに、仮設備費と間接費については、直接工事費全体に対する当該期間の出来高の割合に応じて支払う方式を採用した。



図－7 仮想的なトンネル工事のセグメント化されたバーチャート例

AutoCAD と Microsoft Project が、4D-CAD により連動しているの、Microsoft Project においてスクロールバーを動かすことによって、図－10に示すように施工アニメーションを AutoCAD 上で示すことができた。

このシステムを使用することにより、出来高報告書、検査資料等の作成が短時間で出来、さらに、検査そのものも構造物モデルを3次元CADにより可視化できるので、迅速に出来よう。さらに、数量、出来高金額が即座に求まり、支払額も容易にもとまり、大幅に効率化が可能だと考えられる。

8. おわりに

本論文では、まず出来高部分払い方式に関する国土交通省の報告書をレビューし、報告書で上げられた課題に対して、業務や管理方法の見直しという観点とは別に、情報技術を利用することにより課題を解決する方法を考案し、提案した。さらに、システム案の中から、現在出来高部分払い方式に対応できるように改良しているプロダクトおよびプロセスモデルによる4D-CADシステムの開発を行った。仮想的なトンネル工事に本システムを適用させて、方法論を検証した。

トンネル工事では、岩盤が崩落することにより、部分的に空洞が出来ることがある。こうした空洞の



図－8 プロセスモデルのインスタンス
(トンネル工事のコンクリート部分を対象とする)

Microsoft Excel - Sekisan3.xls

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) 書式(O) ツール(T) データ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)

M41

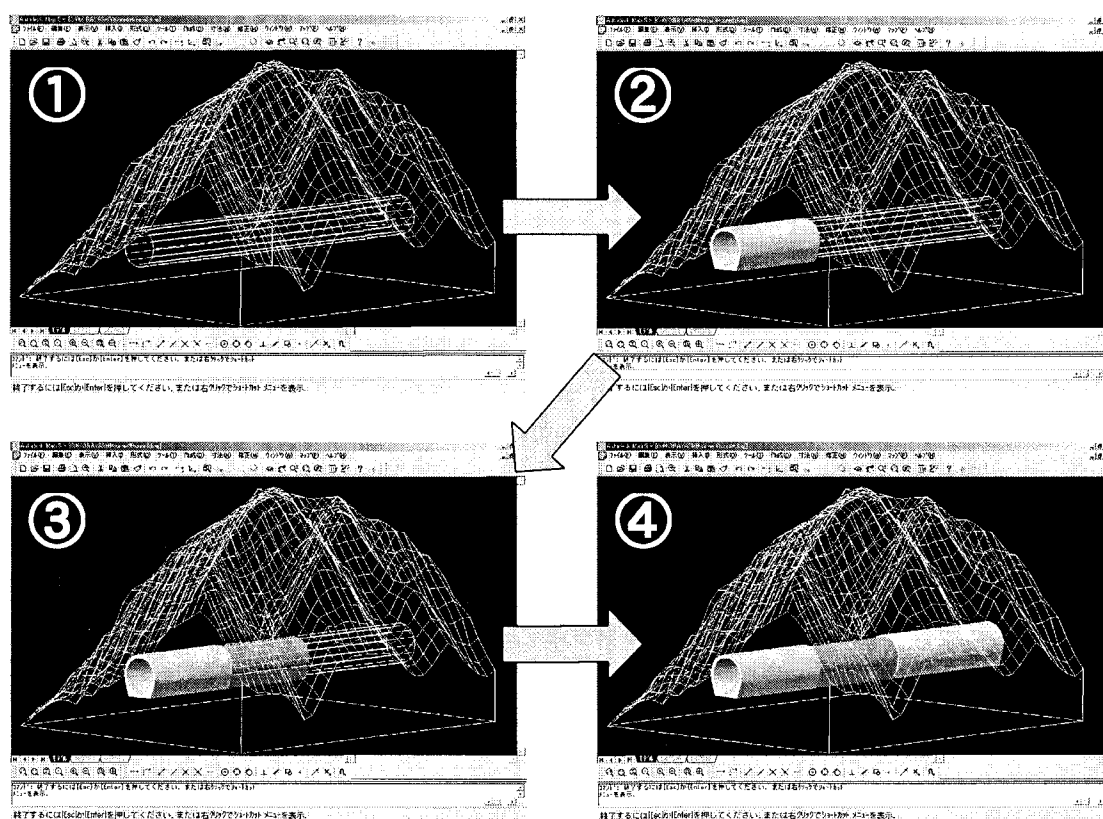
A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	第8回支払 2003/3/1							
2		契約金額	達成率	今回支払				
3	直接工事費	¥ 58,496,690	0.58	¥ 8,774,504		前払い率	0.10	
4	仮設備費	¥ 28,310,000	0.58	¥ 4,246,500		後払い率	0.10	
5	間接費	¥ 25,020,100	0.58	¥ 3,753,015				
6	合計額	¥ 111,826,790		¥ 16,774,019				
7	差引支払額			¥ 13,419,215				
8								
9	直接工事費内訳							
10		単価	契約数量	契約金額	今回数量	今回金額	達成率	前回迄
11	Excavation(A)	¥ 18,400	743	¥ 13,671,200				
12	Excavation(B)	¥ 23,300	188	¥ 4,380,400				
13	Placing Concrete	¥ 22,200	501	¥ 11,122,200	107	¥ 2,375,400		
14	SectionA	¥ 22,200	180	¥ 3,996,000	60	¥ 1,332,000		
15	SectionA-1	¥ 22,200	60	¥ 1,332,000				
16	SectionA-2	¥ 22,200	60	¥ 1,332,000				
17	SectionA-3	¥ 22,200	60	¥ 1,332,000	60	¥ 1,332,000		
18	SectionB	¥ 22,200	141	¥ 3,130,200	47	¥ 1,043,400		
19	SectionB-1	¥ 22,200	47	¥ 1,043,400	47	¥ 1,043,400		
20	SectionB-2	¥ 22,200	47	¥ 1,043,400				

Sheet1 / Sheet2 / Sheet3 /

コマンド

NUM

図－9 仮想的なトンネル工事の数量計算・積算システムの出力例



図－10 4次元CADによるトンネル工事施工プロセスの可視化

掘削と詰込コンクリートの数量増分に関しては、発注者と受注者が双方、納得する形で設計変更することが望ましい。そうした場合、3次元レーザースキャナープロファイルシステムを用いて空洞の形状をデータ化すれば、容易に数量を求めることが可能と

なる。さらに、発注者による現場の検査を迅速化するためには、インターネットによる DVTS や現場にデータそのものを貼り付ける電子タグ等が有効だと考えられる。

さらに、EVMS (Earned Value Management

System) とプロダクト・プロセスモデルを連動させることにより、施工前に予定されていた工事の進捗と途中段階における出来高を常にチェックすることができるようになり、工事の効率的な管理が可能になると考えられる。

今後は、本論文で提案した各システムモデルの有効性を検証していきたいと考えている。

謝辞

本研究を遂行するに当たり、東京大学大学院教授國島正彦先生と電源開発株式会社の嶋田善多氏からご助言を頂きました。本研究は財団法人北海道科学技術総合振興センターから研究助成を受けました。ここに深くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 定期－設計変更協議・部分払方式実施研究会：出来高部分払方式検討報告書，国土交通省，2002.
- 2) 矢吹信喜，植田国彦，山下武宣，嶋田善多：電子タグ，PDA 及び音声技術を用いた現場点検支援情報システム，土木情報システム論文集，土木学会，Vol.11，pp.77-84，2002.
- 3) McKinney, K., Kim, J., Fischer, M. et al.: Interactive 4D-CAD, Proc. of the Third Congress on Computing in Civil Engineering, ASCE. pp.383-389, 1996.
- 4) Fischer, M., Stone, M., et al.: Multi-stakeholder Collaboration: CIFE iRoom, Proc. of CIB W78, Vol.2, pp.6-13, 2002.
- 5) Mitra, N. (ed.): SOAP Version 1.2 Part 0: Primer, <http://www.w3.org/TR/soap12-part0/>, 2002.
- 6) S. Wu, A. Lee, G. Aouad, and C. Fu: Web Services for Crime Deterrent Design Knowledge, Proc. of CIB w78 Conference, Waiheke Island, New Zealand, pp.456-462, 2003
- 7) ISO 10303, Industrial Automation Systems and Integration: Product Data Representation and Exchange, 1994.
- 8) IAI, http://www.iai-international.org/iai_international/
- 9) IFC2x: http://cic.vtt.fi/niai/technical/ifc_2x/
- 10) 矢吹信喜，古川将也，加藤佳孝，横田勉，小西哲司：プロダクトモデルによる PC 中空床版橋の設計照査と概略積算の統合化，土木情報システム論文集，土木学会，Vol.10，pp.213-220，2001.
- 11) 矢吹信喜，志谷倫章：IFC に基づいた PC 中空床版橋の 3 次元プロダクトモデルの開発，土木情報システム論文集，土木学会，Vol.11，pp.35-44，2002.
- 12) 矢吹信喜，小谷隼，他：マルチエージェントとプロダクトモデルを用いた 3 次元 CAD 環境，土木情報システム論文集，土木学会，Vol.11，pp.1-8，2002.
- 13) 矢吹信喜，齊藤大輔：3 次元プロダクトモデルと電子タグによる水圧鉄管の点検情報システム，Vol.10，pp.112-120，2001.
- 14) ifcXML: http://www.iai-international.org/iai_international/Technical_Documents/IFCXL

Application of Product and Process Models to a Progress Payment Method

Nobuyoshi Yabuki

For the issues extracted during the test application of the progress payment method to public construction works, we proposed a total system based on our investigation of the application of information technology for the progress payment method. The issue of increasing work amount for documentation of progress reports and inspection materials, we thought that the efficiency improvement by 4D-CAD, where product and process models are linked together, is important among the set of the sub systems. Therefore, in this paper, we investigated the model of 4D-CAD system corresponding to the progress payment method, and developed a prototype system. We applied this system to a simplified virtual tunneling work and tested the feasibility and practicality of this method.