

(13) 製造業における3次元情報技術の導入効果と 土木分野への適用に対する考察

城古 雅典¹・森脇 明夫²・有賀 貴志³・石川 和弘⁴

¹正会員 国土基盤モデル研究会 (〒191-0011 東京都日野市日野本町3-8-3)

E-mail:jiyouko.m@jcity.maeda.co.jp / contact@inframodel.org

²非会員 ダッソー・システムズ株式会社 建築・建設業界担当

(〒141-6020 東京都品川区大崎2丁目1番1号 ThinkParkTower 20F)

E-mail:akio.moriwaki@3ds.com

³正会員 国土基盤モデル研究会 (〒191-0011 東京都日野市日野本町3-8-3)

E-mail:t.aruga@conport.jp / contact@inframodel.org

⁴非会員 株式会社大塚商会 マーケティング本部 (〒102-8573 東京都千代田区飯田橋2-18-4)

E-mail:K.Ishikawa@otsuka-shokai.co.jp

CIMは3次元で扱うことが基本となっているが、3次元モデル作成に関して、さまざまな問題が指摘されている。しかしながら、この問題の本質は、何のために3次元モデルをつくるかといったことが不明瞭であることにある。2次元CADから3次元CADへの移行は、パラダイムが変わる破壊的発展である。そのため、従来のやり方をベースに3次元情報技術をどのように適用するかといったアプローチでは、土木分野における成功は見込めないと考える。そこで我々は、3次元情報技術の先駆者であり成功者である製造業に目を向け、製造業における3次元情報技術の導入の効果を検証し、建設業が目指すべき将来像のコンセプトを提案することとした。

Key Words : *cim,3d-cad ,virtual construction,nc construction,automation construction*

1. はじめに

国土交通省が唱える CIM (Construction Information Modeling/Management) とは、建築の分野で進展してきた BIM (Building Information Modeling) の技術を土木分野に適用するものである。CIM は、調査・計画～設計～施工～維持管理の各段階において 3次元モデルを一元的に活用することにより、上流工程でのリスク管理を実現するとともに各段階での業務の効率化を図るものである。

CIM においては 3次元モデルを取り扱うことが前提となっているが、平成 24 年度に実施された CIM 試行工事の報告によると、3次元モデルを作成するためのハードウェアやソフトウェアが高価であること、これらを扱える技術者が少ないこと、3次元モデルの作成に多大な時間と労力がかかる、といった意見が多くみられた²⁾。この背景には、3次元モデルを中核とした情報技術(3次元情報技術)は優れた技術であるが、実務者の間で CIM の目的や用途が明確ではなく、3次元モデルを作ること自体が目的化していることが一因であると考えられ

る。

そこで本研究は、3次元情報技術の背景として、3次元 CAD (Computer Aided Design) 等の歴史について調査し、図面を作る意味や CAD を使用することの意味を明確にする。次に、3次元情報技術導入の先駆者であり、成功者である製造業における適用効果について調査することにより、製造業における3次元情報技術の導入背景や効果的な活用方法を明確にする。最後に、製造業と土木の違いを考察することにより、土木における3次元情報技術の適用のあり方について提案するものとした。

2. 3次元情報技術の背景

広義の機械系 3次元 CAD は 1970 年代に宇宙防衛産業で実用化され、1970 年代末から 1980 年代にかけて、航空機、自動車、造船などの業界で民生利用が進んだ。しかし、1980 年代までの 3次元 CAD は、ワイヤーフレームかサーフェスに限られた技術であった。それに対して 1980 年代の末、ソリッド・モデラーが商品化された。

しかしながら、初期のソリッド・モデラーは、形状作成上の制約が多く、使い勝手が悪かったためなかなか普及しなかった。

1990年代中旬ごろから、大手のCADベンダーが揃ってソリッド・モデラーを発表して、製品機能の改良が加えられた。また、クライスラー社の乗用車であるネオンやボーイング社の旅客機である777など、ソリッド・モデラーを全面的に利用して成果をあげた事例が紹介されたことも普及を後押しした。

現在では自動車、家電、情報通信機器、光学機器、造船、工作機械など、電子・機械系の手アセンブリーメーカーのほとんどが、ソリッド・モデラーを実用化している³⁾。

3. 製造業における3次元情報技術の適用効果

(1) ソリッドモデルによる効果

3次元CADを導入することによって、開発期間と開発工数を同時に改善しながら、製品品質も向上させたいというのが目的となっている。その方法としては、「3次元で設計することによって、設計段階に発生する形状の矛盾をなくし、試作の回数を減少させること」を期待している。3次元で設計すれば、形状の矛盾が明確になり、早い段階から完成度の高い設計が可能になるという設計ツールそのものの機能への期待が主体となっている⁴⁾。

設計情報が3次元ソリッドモデルとして定義されると、理論上、伝達ロスなしで設計情報が上流工程から下流工程へと送られる。この間の情報転写のプロセスが簡略化され同時並行的な開発が進むことで、開発工数やリードタイムの削減につながる。同時に情報転写のロスの削減により、製品品質の向上、設計情報の解釈やすりあわせを目的とした組織的なコミュニケーションも不要になるなどの効果がある。

このような効果は、ソリッド・モデラーの導入によって設計活動の同時並行化が押し進められてきたことによるもので、設計情報のフレキシビリティによる設計、試作、解析の同期化、および3次元CADの高度なメディア機能によって従来は不可能であった協同作業が可能となった。これらを整理すると、3次元情報技術には、プロセッサ機能とメディア機能の2面性があるといえる。プロセッサ機能とは、あらかじめ定めた前提に従って、コード化、伝送、加工、蓄積処理をおこなう情報技術の機能であり、メディア機能とは、データの意味解釈が受け手の反応にゆだねられており、人と人とが相互作用を通じて意味や意思を伝達することを支援する機能である⁵⁾。

(2) 組織構造の変革の必要性

3次元情報技術の導入効果を得るためには、組織構造に変革を必要とすることが明らかとなっている。3次元情報技術の導入は、部門や企業の壁を越えて、開発プロセス全体の見直しをはかることによって、組織全体としての効果が実現されるものである。一方で、個々の既存部門に対して均等に便益を与えるわけではないため、組織内での抵抗が避けられないといった側面もある。一般に、製造用のデータを新たに作る必要のなくなる試作や金型設計部門には歓迎されるが、最初にデータを作成しなければならぬ設計部門は負荷が増大するため敬遠される傾向がある⁶⁾。

このような実情のなか、ボーイング社における777の開発では開発プロセスの初期段階から、構造設計、装備設計、資材、生産技術、製造、品質保証、マーケティングなど様々な部門の人々が集まってチームを組んで、治工具設計や製造上の要件、品質保証、メンテナンスなど下流工程での要件も含めて総合的に検討してその結果を設計図面に反映させている。

(3) コンカレント・エンジニアリング

製造業で3次元情報技術を用いる上での主力の考え方はコンカレント・エンジニアリングである。コンカレント・エンジニアリングとは、従来の段階型開発（ウォーターフォール型開発）と違い、開発の上流工程で下流工程の作業も考慮して、同時並行的（コンカレント）に開発していくことによって開発の短縮化と効率化を目指すものである。各作業をオーバーラップさせながら、下流工程から上流工程への手戻りをできるだけ回避し、工期短縮と開発費の節減を図るのが狙いである。

コンカレント型開発の組織は、従来と相違して上流工程の担当者と下流工程の担当者が共同で開発することになり、「顧客から製造、販売に至る情報を共有化すること」とそれに基づく「合意形成」が必要で、コミュニケーション手段としてのITの支援と「集団的意思決定法」の支援が求められる。コンカレント型開発固有のIT支援としては製品の具体的なイメージをビジュアル化する3次元のソリッドモデリング技術を中心とする製品モデリング技術などが必須である⁷⁾。

4. 製造業と土木の製造方法の違い

(1) 着目点

日本の製造業では1970年代にTQC（Total Quality Control：総合的品質管理⁸⁾）に取り組んだことにより、生産性、品質が格段に向上し、日本の製造業は世界のト

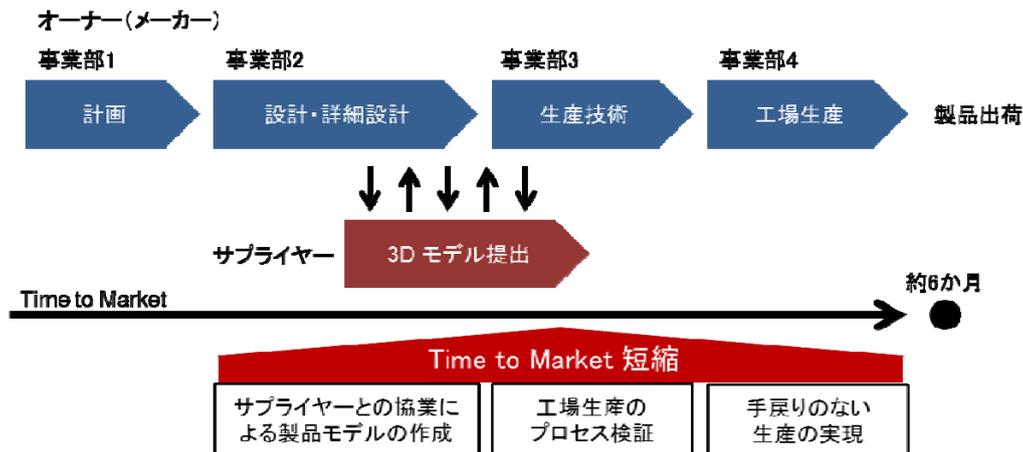


図-1 製造業における設計・生産プロセス

アップクラスに成長した。土木においても、製造業に習い、1980年代からTQC（Total Quality Control）に取組み、Q（Quality：品質）、C（Cost：価格）、D（Delivery：工期）、S（Safety：安全）に着目し活動を行っている。

本研究では、Q、C、D、Sのうち、D（工期）に着目し、製品の製造プロセスの違いを検討するものとした。製造業においては、新製品をいかに早く市場に投入できるかが重要なポイントである。そして、それを実現するために、3次元情報技術が効果的なツールとして活用され、さまざまな業種や企業が競争した結果、3次元情報技術の中核とする製造プロセスが定着したものと考えられる。そこで、製造業と土木の製造方法の違いを明確にし、土木における3次元情報技術の適用のあり方について提案する。

(2) 製造業における製品の製造方法

図-1は製造業のうち、自動車業界における設計・生産プロセスの概念を示したものである。自動車業界では、計画、設計・詳細設計、生産技術、工場生産のプロセスがオーナー（メーカー）の各事業部により連携・連続していることで、一貫した3次元プロダクトモデルを作成・運用している。また、サプライヤー（部品納入業者）との連携も強く、設計段階でコンカレント・エンジニアリングを導入している。このことにより後工程に移行したあとの設計変更や手戻りを減らしている。そして、生産技術を担当する部署が、工場生産における様々な問題点の洗い出しを仮想環境で行う。このとき最終的に出荷される製品をプロダクトモデルとし、製品の生産にかかわる作業員・設備機器などをリソースとして、工場生産においてプロダクトとリソースをどのように連携するかを確認するプロセスの検証が行われる。ここでは、原則として工場生産におけるエラーをすべてなくすること目標に仮想検証が行われる。

さらに、計画から製品出荷までの時間を表す Time to

Market という指標を掲げることにより、製品出荷までの時間をいかに短くするかという観点でこれらの取り組みを評価している。

(3) 土木における製品の製造方法

図-2は土木の公共事業における設計、施工プロセスの概念を示したものである。土木では、オーナー（発注者）が事業計画を行い、入札により調査・設計する設計者を決定し、さらに、入札により、施工する施工者を決めている。このため、調査・設計と施工との連携がとられておらず、上流工程から受け取った2次元図面を書きなおして、次の工程に進むということが一般的に行われている。またサプライヤー（材料納入業者や専門会社）との連携は入札以降に行われるため、当初の設計意図が施工で実現できない場合は図面修正の手戻りがおこり、その協議は、設計者と施工者の間で行うのではなく、施工者と発注者間で行なわれる。加えて、土木は現場合わせの要素が多く、掘削したり、切り崩したのちに設計意図自体を修正をすることも多い。そのことによる手戻りで工期の遅れや予算の超過が起きやすいプロセスと言える。

現状では、3次元情報技術の利用範囲は基本設計段階にとどまり、ビジュアライゼーションとしてのわかりやすさという点のメリットに限定されている。また、現場合わせの要素が多いことから最終モデル自体を熱心に作らないという業界慣習もある。

(4) 土木における3次元情報技術の適用のあり方

製造業と土木の最も異なる点は、製造業ではオーナーが一貫して製造に携わっていることに対し、土木ではオーナー（発注者）の設計・施工への関わりが弱く、オーナーとは別の組織である設計者、施工者が設計・施工を実施する点にある。加えて、3次元情報技術の活用に

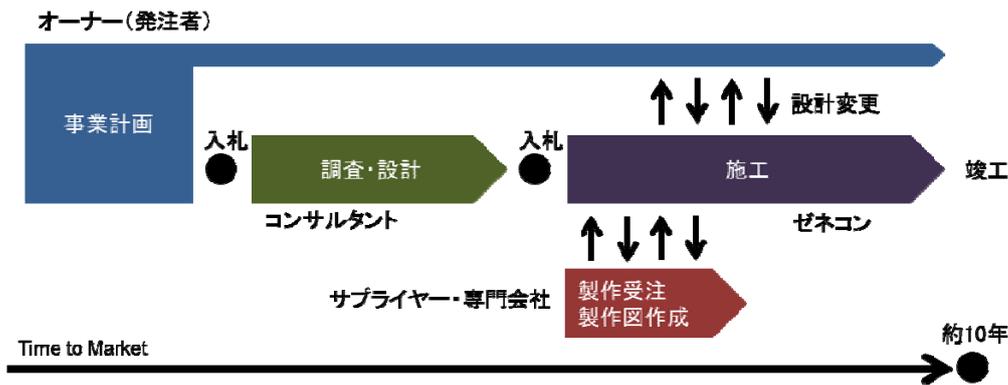


図-2 土木の公共事業における設計・施工プロセス

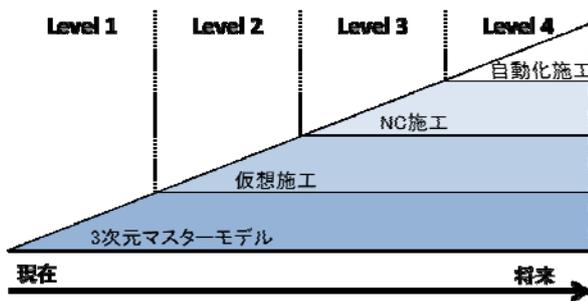


図-3 建設業が目指すべき将来像のコンセプト

においても、オーナー、設計者、施工者間で、何のために3次元モデルをつくるかといった共通認識が欠落していることも問題である。

そこで我々は、図-3に示す建設業が目指すべき将来像のコンセプトを考案した。このコンセプトでは、形状、属性情報に加えて製品製造のプロセスやコスト情報を含んだ完全な3次元モデルとして、3次元マスターモデルを定義し、3次元情報技術が持つコード化、伝送、加工、蓄積処理などのプロセッサ機能をベースとした。

Level1は、3次元マスターモデルを作成するレベルである。Level2は、仮想施工を目指すレベルである。3次元マスターモデルを用いて、実施工の段取り検証、組み立て検証、仮想トレーニング等をコンピューター上で行うことが可能となる。これにより、工期短縮を図ることが期待できる。

Level3は、NC施工を目指すレベルである。NC施工は、Numerical Control(数値制御)による施工を意味する。3次元マスターモデルを用いて数値情報を正確に伝達することで、数値制御で機械を稼働する施工が期待できる。

Level4は、自動化施工を目指すレベルである。NC施工では人が施工に関与するが、自動化施工は、機械やロボットが施工を行うものである。自動化施工が可能となれば、工期短縮だけではなく、品質や安全性も向上する。加えて、労働者不足等の社会問題の解決も期待できる。

5. おわりに

製造業では3次元情報技術の活用なしでは、競争に勝てない状況となっている。そしてTime to Marketという明確なコンセプトにより、3次元モデルの作成に疑問をはさむ余地がない。一方、現状の土木においては、何のために3次元モデルをつくるかといったことが不明瞭であるが、我々が提案する、最終ゴールの自動化施工を目指し、3次元マスターモデルの作成、仮想施工、NC施工の段階を一步一步進んでいけば、生産性の向上や労働者不足、危険な環境といった、土木が抱えている諸問題の解決が可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 一般財団法人経済調査会：CIM技術検討会平成24年度報告，pp.8，2013.
- 2) 一般財団法人経済調査会：CIM2014，pp.80-103，2014.
- 3) 青島矢一，延岡健太郎，竹田陽子：新世代3次元CADの導入と製品開発プロセスへの影響<<http://www.computer-services.e.u-tokyo.ac.jp/p/itme/dp/dp33.pdf>> (入手2015.6.17) .
- 4) 藤本隆宏，安本雅典：製品開発活動におけるCAD-CAEの活用パターンの考察：製品特性による活用パターンの相違の検討<<http://www.computer-services.e.u-tokyo.ac.jp/p/itme/dp/dp50.pdf>> (入手2015.6.17) .
- 5) 竹田陽子：プロダクト・リアライゼーション戦略，pp.11-12，白桃書房，2000.
- 6) 青島矢一：「日本型」製品開発プロセスとコンカレント・エンジニアリングボーイング777開発プロセスとの比較<<http://www.computer-services.e.u-tokyo.ac.jp/p/itme/dp/dp17.pdf>> (入手2015.6.17) .
- 7) 辻正重：経営工学総論，pp.20-159，ミネルヴァ書房，2010.
- 8) ウェブリオ株式会社：Weblio辞書，<<http://www.weblio.jp/content/TQC>> (入手2015.6.17) .