

プラントライフサイクルにおける 3次元計測の活用

第2回 工事

スーパージョイントリサーチ 河村幸二

1. はじめに

プラントエンジニアリングへのITの活用は、まず設計業務を中心として浸透し、次いでその情報を活用して調達業務に広がったが、EPCの中の現地工事(construction)の自動化やIT活用による業務改革は、依然としてそれほど進んでいない。たしかに工場生産と異なり、建設工事現場では作業員の問題、天候による影響などさまざまな変動要因が重なり、システム化が難しく、現場監督者の経験と勘に頼らざるを得ない面も有るが、それだからこそ、IT技術による膨大な情報管理による革新が残された世界である、とも言える。また、こうした改革は「工事」単独ではなく、ライフサイクル全体での最適化の視点で捉えなければ、問題を矮小化しかねない。ライフサイクルにおける3次元デジタルエンジニアリングという視点から捉えると、建設工事のいくつかの改革の芽が見えてくる。現地工事の改革に、3次元計測技術を取り込んだ SparView で紹介されたいくつかの新しい試みを中心に紹介する。

2. 現地工事は未開の宝の山

EPC+O&Mのプラントライフサイクルでの各要素のITによる業務改革の度合いは、図1のようなイメージで表せる。

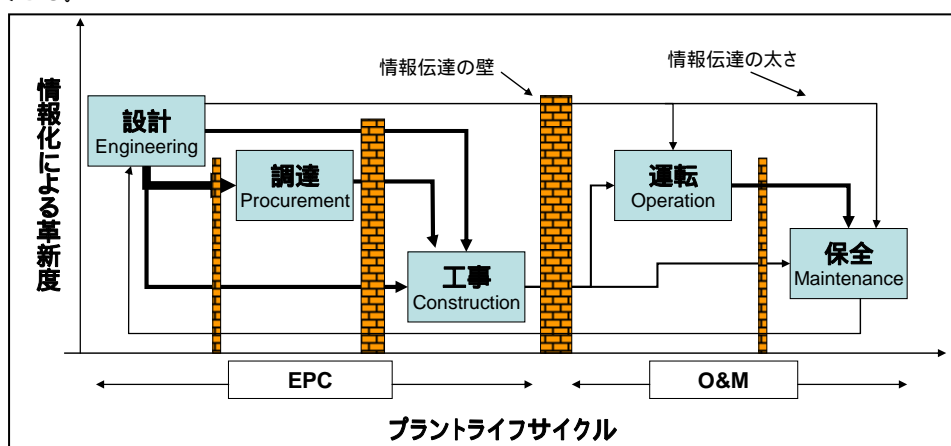


図1: プラントライフサイクルでの IT による革新度と情報伝達の壁

主としてエンジニアリング会社が担うEPCとプラントオーナーのO&Mの間には、大きな情報の壁が存在し、ライフサイクル最適化の障害になっていることは、かねてより指摘されている。ところが、EPCの中でもEPとCとの間の意思疎通も決して十分ではない。大きな革新を成し遂げた設計と製造をコンカレントにエンジニアリングする自動車産業と、根本的に異なる点である。

たしかにプラントの3次元CADの活用による精度の向上により、現地工事での材料ミスがなくなり、干渉チェックによるやり直し作業が激減しているといった効用は実現してきている。しかし多くの場合、情報の流れは一方通行である。

一般に建設プロジェクトにおける現地工事のコストは、設計コストの5倍から10倍を占めることも珍しくない。設計コストを20%削減するよりも、現地工事コストを5%削減させたほうがトータルの効果は大きい。また建設現場では正味の作業より、段取りや待ち時間の方が多くとも言われており、膨大な部品・材料・資材・機材や作業員のマネジメントが極めて重要であることも周知の事実である。ここにITを活用した革新の余地がまだまだ残されている。（ここで設計と工事を対比させた記述をしているが、その対比の上では設計は狭義の意味で使っている。本シリーズ1月号でと

りあげたように、ライフサイクル全体の調達を設計し、工事を設計し、運転・保全を設計する、つまりエンジニアリングする、というのが、本来の設計の仕事であり、たとえコストの比率が小さいとは言え、その重要性が一番であることには変わりはない。)

ただし、そうした改革はこれまでの全体のプロジェクトの仕事のやり方をそのままにして、現地工事の部分だけを改革しようとしても、自ずと限界がある。ライフサイクル全体の3次元デジタルエンジニアリングの一環として捉えるべきである。3次元計測もその重要な要素技術のひとつとなる。

3. 3次元情報による現地工事改革の試み

3.1 現地工事の3次元品質管理

カーネギーメロン大学(CMU)では、現地工事のリアルタイム品質管理と正確な建設履歴の記録の研究をおこなっている。CMUの土木・環境学科の准教授 Burcu Akinci 氏が SPAR 2007 においてこのプロジェクト Advanced Sensor-Based Defect Management at Construction Sites (ASDMCon) の成果を発表した。建設現場で、統合プロジェクトモデル、3次元レーザスキャン、埋め込み型のセンサーを用いて早い段階で現場で起こる不具合を見出すワークプロセスを開発している。

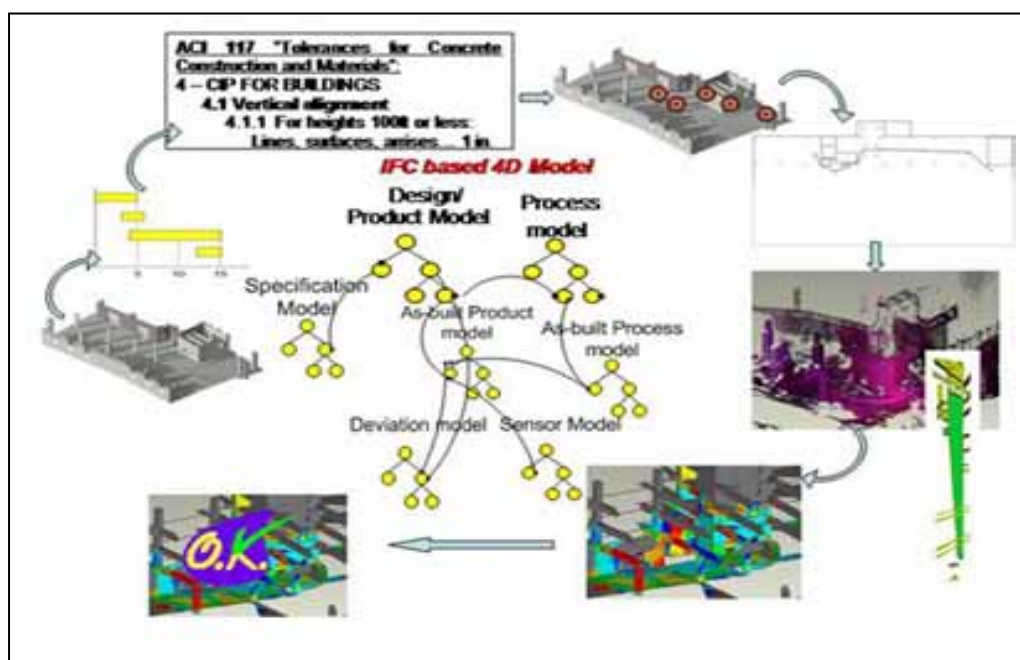


図2: カーネギーメロン大学の現地工事の動的品質管理(active quality control)の研究

画像はカーネギーメロン大学 Dr. Burcu Akinci 氏提供

この研究の狙いは建設現場で次から次へと発生する変化をシームレスにとらえ、早期に異常や欠陥に対処することにある。これまでのこの種の調査研究は、現場で起こる断片的な情報しかとらえなかったため、適切な管理をタイミングよく行うには限界があった。管理の品質を決める大きな3つのポイントは、現場状況のありのままを頻繁に、精度良く、完全な姿をとらえること、時間経過とともに空間情報がどう変わって行っているか、その変化あるいは計画とのズレが建設プロジェクトにとって悪影響をおよぼすものか判定すること、にある。

現場では常に予定外の事が起こり、正確に監視していないと、多くの変化を見逃してしまう。建設のエラーは、主として人間の間違いによるものが多く、そうした人間の間違いや環境条件の変化はコントロールし難いものである。だから、正確な監視をすることと as-built 状態を評価することが、欠陥が傷口を広げたり、コストが増大したり、工期が遅れたりするのを防ぐために不可欠なのである。

現在の現場監督業務は、その経験に頼っているのが間違いを起こしがちである。現場ではさまざまな情報が飛び交っており、またプロジェクト仕様も膨大な量にのぼるのを、それぞれ違った経験のもとに判断しているのが当然ありうる。建設の欠陥の54%が作業者の技量不足もしくは監督不足によるものと言われている。

この研究は、“レーザスキャンのような現場の状態をそのまま計測できる技術”および“資材の現物管理に役立つ埋め込み型センサー(RFID)”が手に入るようになり、建設現場の膨大な情報がリアルタイムで採取できるようになったことから可能になった。

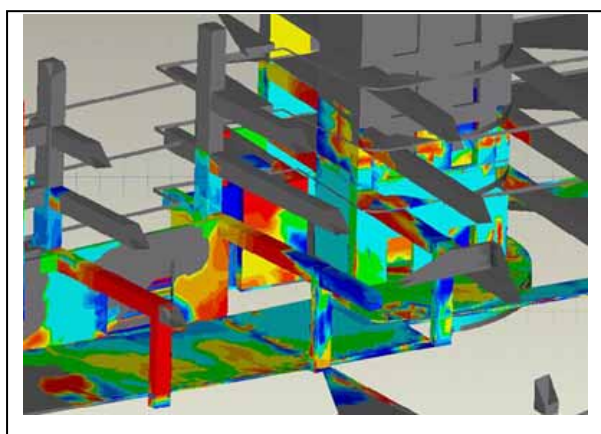


図3： 建設途上にある建物の設計上の3次元モデルと、レーザスキャン計測のズレ
 画像はカーネギー・メロン大学の Dr. Burcu Akinci 氏提供

ASDMCon では、設計情報を論理化モデル化して欠陥を自動判定させることをねらっている。設計、工程、建設仕様などの情報モデルを構築し、as-built の情報と照らし合わせて自動的に不具合を見つけ出すことである。

3.2 現地工事の4次元計測

ジョージア工科大学Dr. Jochen Teizer氏は、独自に開発したCCD/CMOSチップのマルチセンサーによる4次元リアルタイム計測技術RAPIDS (Real-time Automated Project Information Decision Systems)に取組んでいる。15Hzすなわち1秒間に15フレーム以上の3次元画像を取得することができる。建設現場では、人と建設機械が入り乱れ、多くの危険が内在しており、事実作業員が死傷する事故も絶えない。マルチセンサーにより、人と機械の動きをリアルタイムでx, y, zの3次元座標に時間軸tを加えた4次元情報を監視し、その対象物の動きのベクトルも判定して事故を未然に防止するのが主目的である。

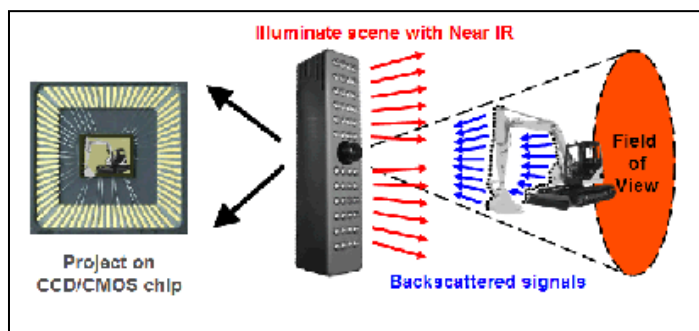


図4： 3次元画像カメラの作動原理
 画像はジョージア工科大学 Dr. Jochen Teizer 氏提供

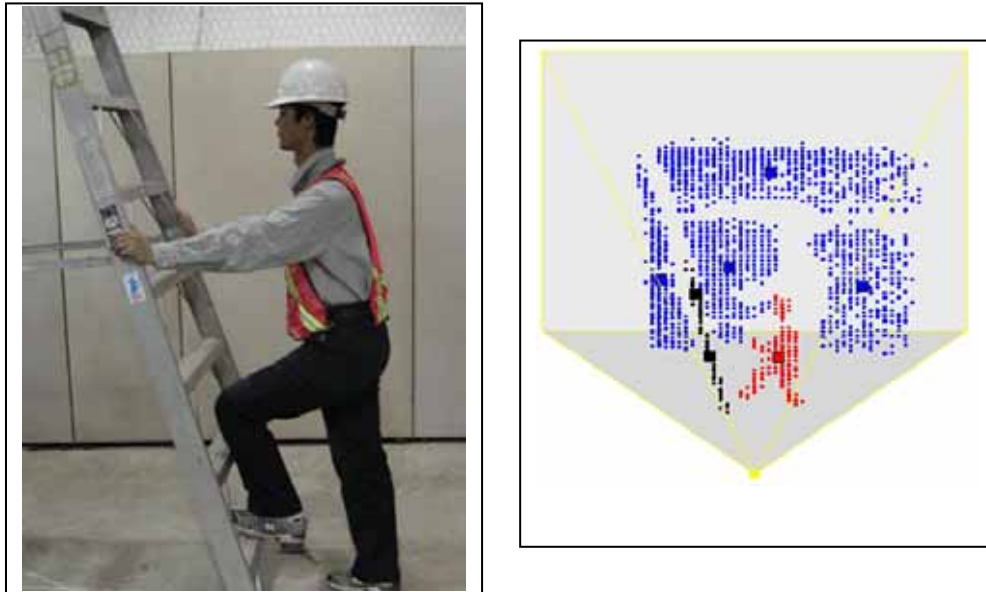


図5： 3次元画像カメラによる建設作業員の高速計測。 ジョージア工科大学のRAPIDS研究所では工事安全のための検出と記録に、リアルタイム3次元as-builtモデル技術を適用。

3.3 3次元計測を取り入れたモジュール工法

建設工事において、設備のある領域を切り出し、できるだけ完成時に近い形まで工場で組み上げて、現地工事の作業量を減らそうというモジュール工法の発想は、プラント建設でも数十年前から取組まれており、日常的に使われている。この工法はすぐれた手法であるが、それを現場に持ち込んだときに、ぴったりと合うかどうかを確認されていなければならない。簡単なことのように思えるが、これが実に大変なのである。プレハブ、機器、構造物は100%図面どおりにはできていないこともある。人的ミス、誤解、情報伝達の欠落などが、現場でのやり直しをする原因となっている。現場での据付組立て問題はいつもすんなりいくとは限らない。溶断器、溶接機、ジャッキハンマー、油圧ジャッキなどを持ち込んで煩わしい作業を強いられる。よほどうまく管理していないと、こうした現場トラブルの解決のために、せっかくコストダウンをねらったお金が食いつぶされてしまう。発注者であるオーナーは、3回お金を払うことになる。まずは、モジュールを製作する費用、そして現場で据付組立てに余計に発生する費用、そして設備管理費の増加である。無理に取り付けたプレハブの残留応力があると、予期せぬほど劣化が早まることもある。

図6は、2007年ヒューストンでおこなわれたHiCAD/Z+F共催によるユーザー会議において、AMEC社がモジュールの検証にいかによりスキャンが役立つか発表した例であり、設計図面と実際に出来上がるプレハブとの食い違い問題の解決に役立つことを立証した。

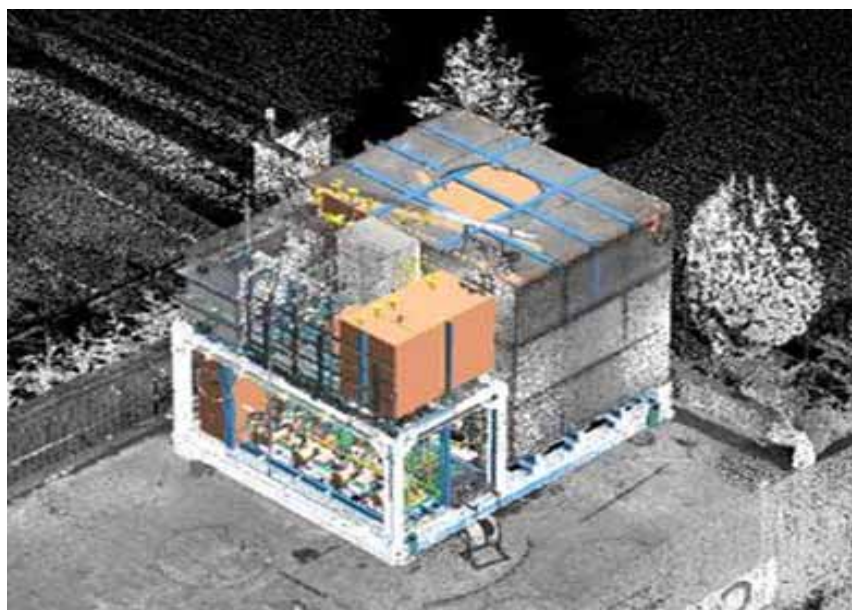


図6： プレハブ精度向上にレーザスキャンの活用 画像は AMEC 社提供

3.4 土地造成工事

北米ホンダの新工場建設に、土地の造成開始からわずか 22 ヶ月で工場をスタートさせた例であり、高度測量技術と建設自動化技術の組合せで達成したものである。空中からの LIDAR、地上からの測量、ロボット-ータルステーション、一人操作の GPS、機械制御による杭なし造成工法などの技術を組合せて実現した。



図7： 各種計測技術、ロボットなどによる造成工事短期化

4. 寸法情報管理

4.1 寸法情報管理の効用

図8は、寸法情報管理技術 (dimensional control) の現地工事への関わりを示したものである。プロジェクト全体を通じて寸法情報管理を徹底することがモジュール工法成功の要である。現場の接続点やアンカーの位置を決めること、現場の幾何形状を正確に収集することなどが、出発点である。寸法情報管理のもうひとつの側面は、製作されたプレハブを工場出荷前に計測確認することである。これによりデジタル・フィットアップ (コンピュータ上で組立てシミュレーションをおこなうこと) が可能になる。現場の情報およびプレハブの出来上がりを正確に情報収集することは、容易ではないし、コストもかかっていた。ここに 3 次元レーザスキャン、トータルステーション、GPS/RTK 位置センサ などの実用的な3次

元計測技術が登場してきた。

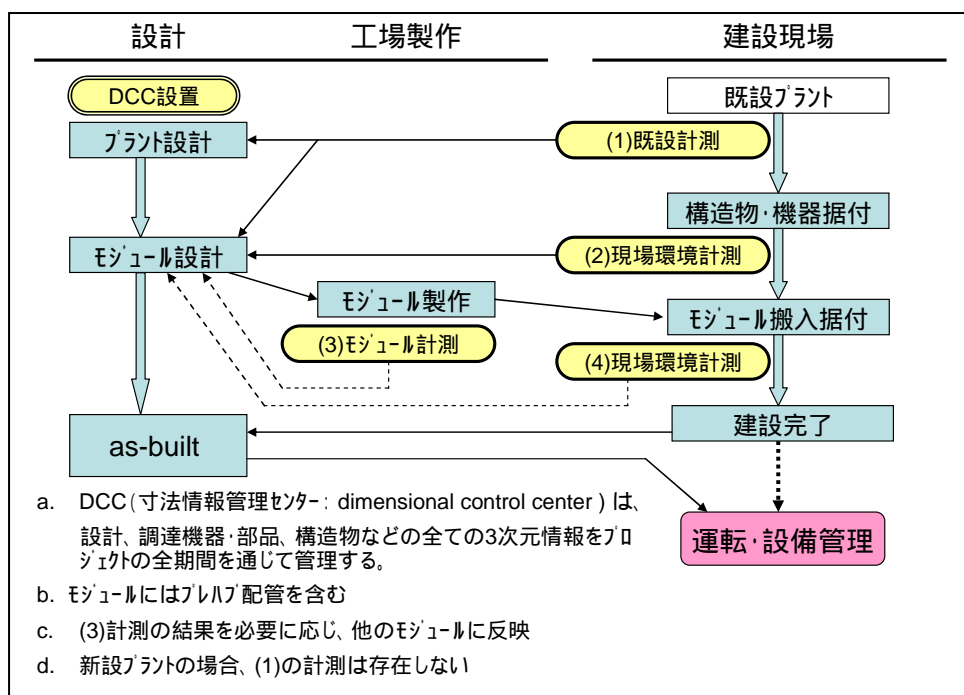


図8： 寸法情報管理 (dimensional control) による現地工事革新

4.2 阻害要因

大きな業務革新効果が期待されるにもかかわらず、多くの CAD 設計部隊ではまだ寸法情報管理を導入していない。設計者達は、「われわれの設計した通りにものを作ってくれれば、現場で問題を起こすはずがないのに…」と嘆いている。残念ながら、設計者は四角四面のめがねでしか物事を見ていない。配管はたわんだり、歪んだりするもの、鉄骨構造物も必ずしも垂直に立っているとは限らない、というような現実を理解していない。彼らの理解の範囲を超えた問題である。プロジェクトマネージャも然りである。この技術がどのように使えるのか一度目にした人は、かつてレーザースキャンの使い方がまずくてうまくいかなかったこともあり、井戸の中に毒を投げ入れたようなもので、もう決してその水を飲もうとしない。あれは役に立たない技術だ、と決め付けている。

AVEVA, Bentley, COADE, Intergraph などの CAD ヴェンダもようやく、この問題に取り組み始めた。しかし、彼らのソフトウェアに組み込まれてユーザーに提供されてくるのは、一部を除いてまだ始まったばかりである。

4.3 経営管理上の課題

寸法情報管理技術による革新を速やかに行うためには、まずは EPC 企業自身が、この技術の専門知識を身に付けるために、多くのプロジェクトを横断的に指導できる副社長クラスの人を責任者として任命すること、である。これはこれまではなかった新しい任務になるであろう。寸法情報管理技術や計測技術を十分理解するとともに、プロマネ達から信頼され、また設計部門、製作部門からも支えられた司令官として動けなくてはならない。その企業として内部にどのような専門家を育成していくのか、またどの部分を業界の中から経験豊富な外部専門家集団を組み入れていくのか、を判断していかねばならない。そうした強い意志で指導力を発揮していかないと、こうした運動はしぼんでいく。ほっておいてもボトムアップ的に自然と広がるような生易しい技術ではない。

この問題解決は、決して簡単なものではない。今日のスピードの求められるプロジェクトでは、設計、建設、製作が同時並行的に進められることが多く、それが経済的にも有利であることも分かってき

ている。しかし、業務範囲や設計の変更が、必ずしも細分化された縦横の組織間を通じて十分に意思伝達がされているとは限らない。情報のちょっとした行き違いで、「世界平和は、壊れる」のである。そうならないために、現在手にしている現物寸法情報取得とその情報管理技術は、設計・建設・製作のコミュニケーション・ループを密にする効果的な方法であるのだ。

6. おわりに

プラント現地工事のモジュール工法は、極めてポピュラーな手法であるが、レーザスキャンなどの3次元計測技術により新しい世界が開けてきた。刻々と変わる現場の状況の中で、さまざまな機能集団が分担して進められる現地工事は、明確な職務分担とマニュアル化をベースとする欧米のやり方では精緻な情報システムが不可欠であり、強力な管理能力が求められる。

一方わが国では、現場の創造力とチームワークで臨機応変に統一した目標に向かって対処できる素養を有している。この優れたボトムアップ的な日本固有のものづくり力のうえに、最新の3次元寸法情報管理技術で裏打ちできれば世界をリードする現場力が発揮できるものと期待される。

<要約>

3次元計測技術の進歩により、従来のモジュール工法の効用が飛躍的に高まる。寸法情報管理技術は、現地工事のさまざまな革新を生み出し、さらにプラントライフサイクルにわたる情報活用の基盤が構築できる。