

3次元計測とモデル化による配管エンジニアリングの革新

スパーポイントリサーチ 河村幸二

1. はじめに

プラント設計に3次元CADシステムが普及し始めて20年は経過しているが、わが国でのその利用範囲はいまだ限定的であり、広く末端まで普及するには至っていない。革新的技術が登場しながら、これほど普及速度が遅い領域も珍しいのではないか。たしかに、新規大型プラントの建設は少なくなり、小型または既設の改造工事の割合が増えてきていることが要因のひとつであるが、設計および現場のベテランエンジニア達の、自らを変えようとする保守性が改革を阻んでいるように思える。

日本を追いかけてきた工業国が、次々と新しい生産設備とツールを積極的に導入し、技術力を高めてきた。それまでの蓄積が乏しいから失うものはなく、若さとバイタリティで果敢に挑戦しつつある。こうした改革を担うのは、ほとんどがハングリー精神が旺盛な若者である。豊かな生活に慣れきってしまい、逆に自分を見つけれないでいるどこかの国の若者と雲泥の差である。

もちろん、革新の努力を怠らず、世界をリードし続けている領域も少なくはないが、ことプラントエンジニアリングの領域においては、この数十年間さしたる改革も行われず、地盤沈下が著しい。

とくに小規模改造工事では依然として手作業による現場計測と現場あわせが中心であり、抜本的な改革は進んでいない。たしかに一部の小規模工事のために既存設備の3次元モデルを手間隙かけて作り上げることは理に合わない。しかし、最近の高精度デジタル写真や3次元レーザスキャンなどのハードウェア技術と、その処理ソフトウェア技術の進歩により、この壁が取り払われようとしている。本報では3次元計測とモデリング化により、配管エンジニアリングがどのように変わっていくかについて解説を試みる。

2. 3次元計測技術

1) デジタル写真

デジタル写真によりさまざまな方向から画像を取り込み、コンピュータによる画像処理をおこなって3次元モデルを生成する技術である。この技術そのものはさほど新しい技術ではないが、通常のデジタルカメラでも非常に高解像度のデータが得られるようになってきたことから、プラント領域でも簡便な手法として利用されている。日本のプラント業界では、日揮プラントックが独自の処理技術で、また辰星技研が英国の技術を導入してこのサービスをしているのが公表されている例である。

2) レーザスキャン

物体から反射したレーザ光線から3次元座標データが高速・大量に取得できる地上型3次元レーザスキャン(terrestrial laser scan)が、世界的にみても急速に利用が拡大しているものである。光線飛行時間方式(time of flight)と位相差方式(phase based)のふたつの方式が使われている。前者は中長距離に適し、プラントをはじめ屋外施設や土木測量、遺跡の調査など広い範囲にわたって使われている。後者は室内プラントなどの20-40mの短距離で高速でデータ取得を行う場合に適している。

この地上型3次元レーザスキャナは残念ながら国産品はまだ登場しておらず、世界で主要なベンダー10社程度が提供しており、日本ではそれぞれの代理店を經由して販売されている。



図 1 time of flight 方式 3 次元レーザスキャナ ライカ ScanStation 2
画像はライカジオシステムズ社提供

3) トータルステーション

3次元レーザスキャンは優れた技術であるが、システムが2,000～3,000万円と高価であること、その効果的な使い方が難しいこと、などの課題があり、これが日本のマーケット拡大の大きな障害になっている。トータルステーションは値段が10分の1であり日本のメーカーも優れた製品を出している。それをパソコン上のCADのマウスで直接操作し、限られた点数の3次元点データをレーザ計測で取得し、パソコンの配管部品の形状データベースを参照しながら、リアルタイムで配管モデルを作り上げる。レーザスキャンに置き換わるものではないし、大規模設備には向かないが、小型設備もしくは現場の一部改造工事などでは、十分使えるものと期待できる。本格的レーザスキャンのイントロ技術として、またその補完技術として利用されていくであろう。

4) その他の関連技術

地下埋設物を電磁波を用いて3次元スキャンするGPR(ground penetration radar)、GPS(global positioning system)とIMU(慣性誘導装置)を組み合わせた位置決め計測機器なども広域の情報取得に使われることがある。さらに広域になると航空機搭載したLIDAR(光を用いたレーダ)などがあるが、ヘリコプターや自動車、列車、ボートなどの走行しながら3次元を計測する移動計測技術も普及しはじめてきている。これまで領域の広さ、精度、スピードなどにより使い分けられていたのが、技術進歩とともにそれらの境界領域の融合が始まってきているのが最近の動向である。

3. 配管工事への適用例

1) デジタル写真技術による例

英国オフセットサービス社の3次元フォトグラメトリの技術を用い、辰星技研(株)(東京都港区)がアズビルト3次元モデルの作成で多くの実績を持つ。計測方法は、まずトータルステーションで計測領域に張られたターゲットシールを計測することにより空間の3次元位置情報を押さえ、その中に600万～1200万画素数の高解像度デジタルカメラを持ち込み、1箇所を2方向から写真撮影していく。撮影した夫々対のデジタル写真データから専用の画像処理ソフトを通して3次元モデルを形成する。

本方式では、一切の図面データを用いる事無く、現場計測を通してアズビルトのデータが取得

可能であり、従来の手測りに比べて現地計測作業で約70%、3次元モデル作成で約30%のコストダウンが可能とされている。

3次元計測データは、リスト化するので集計ミスが起こらず、データに不整合などがあっても現地写真(データ)を確認するだけで現地に行かなくても済み、また、計測データというエビデンスが残せるので後からの検証も可能である。

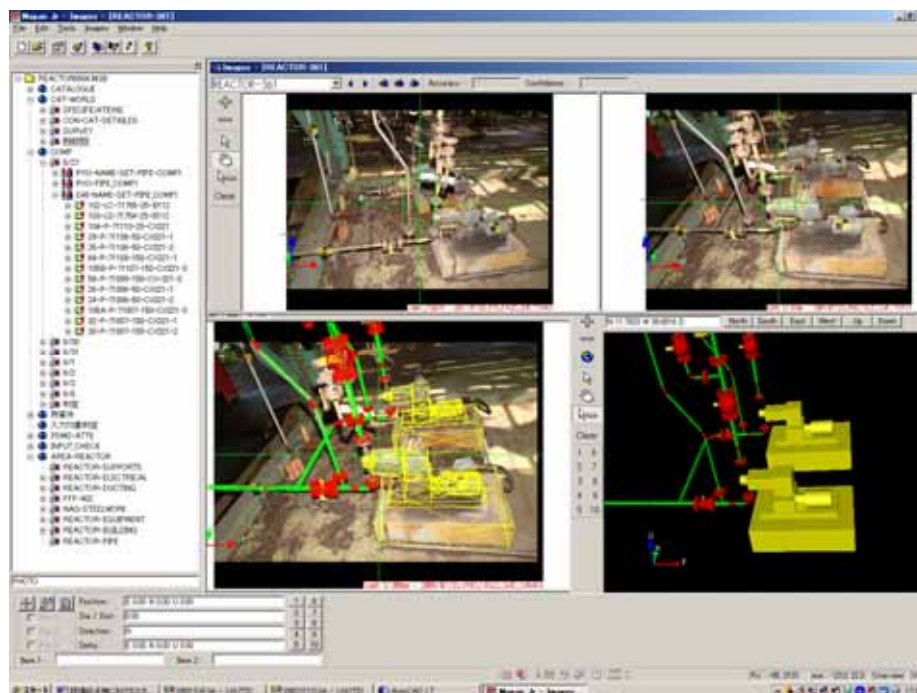


図2 高解像度デジタルカメラによる現地計測から3次元モデルの作成

出典：ENN 2006.10.25 辰星技研 矢作 徹

2) レーザスキャンの例

プラントの改造計画にレーザスキャンを適用した場合、大量に採集される3次元の点群データから設計に必要な形態に変換する後処理に大きな労力と処理時間がかかるため、各社さまざまな工夫を行っている。東芝プラントシステム(株)では PanoMap というシステムでこの課題の解決に取り組んでいる。プラント改修・更新工事は全て3DCAD 化を行なう必要は無く、PanoMap、点群データ、ポリゴン、必要部位のみの3DCAD等の組み合わせにより、より効率な改造計画が行え、目的に合わせデータ量の大幅な圧縮と処理時間の短縮が可能であるとしている。

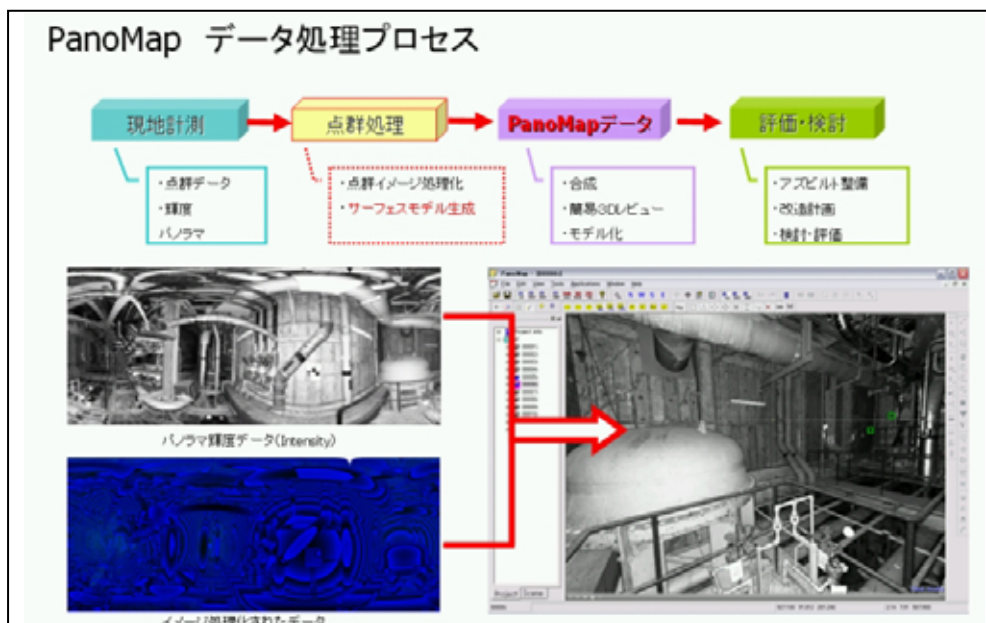


図3. レーザスキャンデータ処理システム構成と処理フロー

出典：ENN 2006.12.25 東芝プラントシステム 岩田 章裕

3) プラットフォーム建設の海外事例

石油掘削海上プラットフォームの場合、現場へのアクセスに制限があることが多いため、既存設備の情報を短時間で採集することが求められる。この領域へのレーザスキャン技術において経験豊富な Hi-CAD 社は、メキシコ湾の BP のプロジェクトで 900 本の配管スプールを、現場溶接を一切なしで据付することができた。また最終工事段階のクリスマスツリーの正確な位置決めにも、通常 2 週間かかる作業が 2 日間に短縮できた。プラントのスタートを早めることは、石油会社に大きな利益をもたらす。

折しも米国メキシコ湾岸沿いの石油関連設備は、原油価格の高騰による増産と最近このエリアを襲ったハリケーン被害の復旧工事により、建設ラッシュが続いており、レーザスキャンも大活躍の様子である。ハード、ソフトだけではなく、その利用技術においても一段と進歩することが期待される。



図4 工事中の BP Thunder Horse 画像は Hi-CAD 社提供

4. 業務革新

既設配管工事への 3 次元計測とモデル化の効果は、次のように集約できる。

1) 現地調査業務の短縮効果

従来法の人手による調査では、2, 3人で2, 3週間かかっていたものが、2人で2, 3日間で終わることができる。デジタルカメラによる手法はハードウェアは極めて低価格であるし、高価なスキャナの場合でも大幅なコスト削減になる。とくに現場へのアクセスに制約がある場合などには、この期間短縮効果は大きい。

2) エンジニアリング品質向上の効果

これまでの実績情報から推定すると、3次元計測を活用した建設プロジェクト全体への効果は、総費用が 5~10%のオーダであり、工期は 10%短縮されたと推定される。このコストと工期短縮は、改造工事においては現物の精度の高い 3次元情報をもとに改造計画や設計がおこなえるために、材料手配、プレハブ、作業計画などが格段に精度が高まり、間違いややり直し作業が減少するなどのエンジニアリング品質向上の効果である。

3) オーナの設備運用・保全から得られる効果

既存設備の精度の高い 3 次元モデルは高度メンテナンス計画、運転員の教育など、さまざまな使い道がある。こうした設備運用や維持管理における 3 次元モデル活用から得られる経済効果は、設計・建設工事における効果にくらべて比較にならないほど大きなものであり、エンジニアリング会社はその効用をオーナーに強くアピールし、有利な受注に結びつけるべきである。

4) 安全効果

安全性を高めることをコストとして定量的に評価をすることは極めて難しいが、3 次元計測の最大の効果のひとつが“安全”である。新しい手法による業務改革の視点は、T(time), Q(quality), C(cost), S(safety) のキーワードで代表されるが、最近はこの安全の重要度がますます増大してきている。 <調査安全> 例えば、原子力設備の場合に放射線を浴びる時間を極小にできることは当然のこととして、一般プラントでも危険物の存在するエリアや高所で不安定な姿勢で計測作業をしないで済むことの効果は大きい。 <建設安全> 配管プレハブなどの精度が高まることにより、現場での組立て作業、溶接作業などが大幅に減らせる。3 次元モデル活用による建設シミュレーションなどによる工期短縮と安全確保。最近米国では、建設工事の進捗管理にリアルタイムで 3 次元計測を活用し、進捗管理、変更管理、安全管理に効果をだす試みが始まっている。 <運転安全> 適切なる設備維持管理による安定運転、オペレータ教育による安全運転など。

5) 3 次元デジタルエンジニアリングの促進

モデリング CAD を駆使した 3 次元デジタルエンジニアリングにより、設計・調達・建設・運転・保全・廃棄にわたる設備ライフサイクルにわたり、さまざまな業務改革をもたらすことは周知の事実である。ところが、既設の改造においてはコストメリットが明確に表われにくいことから、これまであまり浸透してこなかった。3 次元計測技術の活用がこのブレークスルーの契機になるものと期待できる。

6) 効果を出すには努力が必要

以上良い事尽くめのように書いてきたが、実はこの技術で本当の効果を出すのはさほど易しくはない。導入さえすれば自然と業務改革が進むのではない。そこにはトップ、ミドル、現場が一体となって強い意思で取組まねば、かえってマイナスになる可能性もある。以下、今年の SPAR 2007 (次節参照) において発表された二つの報告の一部を紹介する。

(1) BP の例

石油大手のひとつである BP 社は、大手オーナー企業として自らレーザスキャナを保有し、社内の業務革新に取組んだ初めての企業である。そのプロジェクトのリーダーである Deborah Deats 氏が、プラントオーナーの立場でこの技術に投資することにどのような意義があるのかを、自らの経験に基づいて紹介した。十分な投資効果は得られるのだが、それを達成するためにはまず人のマイインドを変えることが不可欠であり、新技術に適合するための“Training, Training, Training, and more Training” が重要であることを繰り返し述べていた。ビジネス上の効果をだすためには、それだけ難易度の高い技術であり、逆に言えば本気で取組んで努力したところだけが、他社との差別化をつけ美味しい果実を手に行ける、と言える。

(2) Jacobs Engineering の例

Jacobs Engineering の As-Built Specialist である Matt Craig 氏は、プロジェクトの工場製作、現場建設段階での寸法情報管理技術適用の利点と課題について発表した。従来は配置図面を正として、手馴れた手法で現場計測して寸法チェックをおこなってきた。いまでも多くの現場ではこうした従来手法が使われているが、不整合を起すことも多い。最新の寸法情報管理技術を用いれば、品質と効率および整合性を大きく改善できる。Craig 氏は実践者の立場から具体的なメリットを明らかにし、最大のリスクは、こうした新しい技術を取り入れようとしない保守的な風土にある、としている。

Jacobs Engineering といえば、従来大手エンジニアリング会社を尻目にこの 10 年くらいで年間

売上げ 8500 億円まで急速に成長してきた会社である。彼は、この技術を社内に適用してきた 7 年間の興味ある実績プロジェクト数を示した。

2 件(2000 年) 1 件(2001 年) 0 件(2002 年) 11 件(2003 年) 14 件(2004 年) 17 件(2005 年) 20 件(2006 年)

つまり、最初取組んだときには使い方が稚拙であったのかもしれないが、社内の評価が得られなく、2, 3 年停滞してしまった時期があったことを表している。その壁を乗り越えて実績を上げてくると着実に浸透し始めた動きを示している。



図 5 3次元計測風景 画像は Jacobs Engineering 社提供

5. スーパーポイントリサーチの活動

設備の 3 次元計測の技術およびマーケット動向調査については、米国ボストンに本拠をもつ調査会社スーパーポイントリサーチが精力的な活動を続けている。

1) 世界の年次大会

今年 3 月 26 日、27 日に米国テキサス州 ヒューストン Sugar Land Marriott Town Square において開催された第 4 回年次大会 SPAR 2007 では、世界各国から設備オーナー、エンジニアリング会社やサービスプロバイダ、ソフトウェアベンダ、計測ハードウェアベンダが集まった。毎年規模が拡大してきており、今年の会議登録者は昨年の 40% 増加の 575 名に膨らんだ。この新しいマーケットが急激に拡大してきていることが伺える。

米国本社 URL <http://www.sparllc.com>

SPAR 2007 <http://www.sparllc.com/spar2007.php>

SPAR 2008 は、2008 年 3 月 3(月)-5(水) の3日間 米国テキサス州 ヒューストン Inter Continental Hotel において開催される予定。



図 6 SPAR 2007 会議風景 (ヒューストン)

2) 日本の年次大会

今年4月26日、27日に川崎市産業振興会館において開催された第3回年次大会 SPAR 2007Jでは、会議登録者はこちらも昨年の40%増加の185名に膨らんだ。ようやく日本においても、この技術の認知度が高まりつつある。

日本支社URL <http://www.sparj.com>



図 7 SPAR 2007J 会議風景 (川崎)

3) ニュースレターの発行

3次元計測に関わる技術動向、マーケット動向について約2週間に1回 ニュースレターを発行し、無償にてメール配信している。原文は英文であるが、和訳版も合わせて発行している。ご関心のある方は、合同会社スパークポイントリサーチ 河村 koji@sparj.com まで連絡のこと。

6. おわりに

配管設計・建設は、プロセスの要求に合わせて各種機器の3次元形状、建物・構造物の制約条件、法規制などを考慮しながら膨大な数の部品の組合せで行われることから、芸術品とも言うべき作品を生み出すエンジニアリングである。優れた配管設計によるプラントは、一見して美しく、運転し易く、建設し易く、コストもリーズナブルである。設計の自由度が極めて高く、創造性のたまものであり、コンピュータによる知恵は遠く及ばない。この創造の喜びを次世代の若者に伝えてもらいたい。

芸術品であるからコンピュータによる自動化は不可能であるが、エンジニアの創造性を支援する強力なツールにはなりうる。最新の武器を備えた上で、日本人固有の器用さ、共通の目標に向かっての助け合いの精神、現場のものづくりの力、創造性を最大限に発揮していけば、世界に誇れる次世代の配管エンジニアを育てていけるものと信ずる。