

# 作業動線解析を活用した 熟練技能維持システムの開発について

国土交通省 関東地方整備局 北首都国道事務所

いながき たかし  
所長 稲垣 孝

1

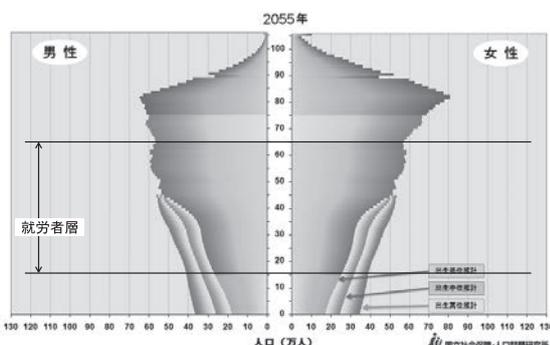
## はじめに

今後、我が国において、生産年齢人口が減少することが予想されている中、建設分野において、生産性向上は避けられない課題である。

国土交通省においては、建設現場における生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指す新しい取り組みとして、「i-Construction」を進めている。

その中で、現状の課題としては

- ① 労働力過剰を背景とした生産性の低迷
- ② 生産性向上が遅れている土工等の建設現場
- ③ 依然として多い建設現場の労働災害
- ④ 予想される労働者不足が挙げられる。



資料：1920～2010年：国勢調査、推計人口、2011年以降：「日本の将来推計人口（平成24年1月推計）」。

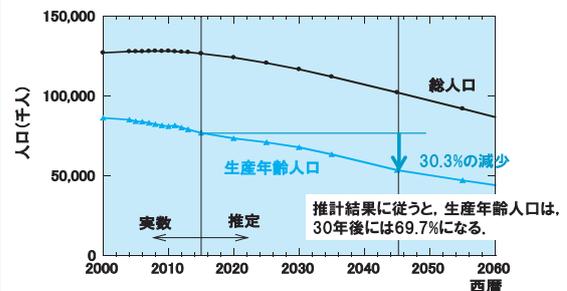
図一 1 日本の人口ピラミッド 2055年

特に高齢化に起因する建設従事者不足や日本における生産年齢人口の減少は避けて通ることができない課題である（図一1～3）。

これらの課題を解決するために、「i-Construction」において、土工についてはICT（情報通信技術：Information and Communication Technology）を活用した情報化施工の推進やプレキャスト化の推進など、様々な取り組みを実施している。

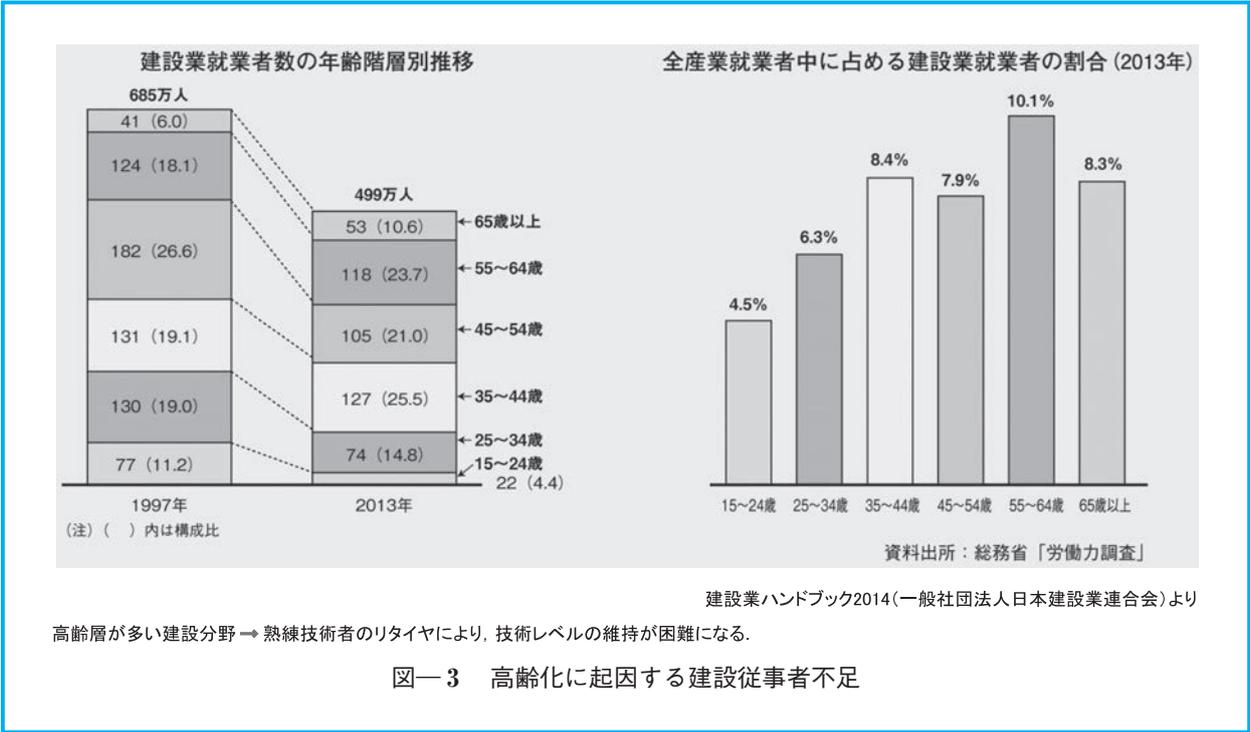
しかし、人手を要する作業については、熟練技術者の保有する技術・資質により、組織の運営による利得やその目的物の品質、安全に大きな影響を与える要因となっている。

本論では、人手を要する作業の生産性向上に向けた建設生産システムの構築と熟練技能者の技術の伝承及び見える化を実現する「熟練技能維持システム」について紹介する。



- ⬇️ ますます深刻化する建設従事者
- ⬇️ 生産年齢人口減→税収・使用量減→インフラ投資予算の縮小

図一 2 日本における生産年齢人口の推移



図一 3 高齢化に起因する建設従事者不足

## 2 プロジェクトの概要

### (1) プロジェクトの目的

現場における熟練技能者の保有する技術は、経験則の積み重ねが蓄積されたものであり、職人と呼ばれる熟練技能者の方々は、OJTによる技術伝承ではなく、「見て技術を盗む」という暗黙知的な表現で、思考スキルや行動スキルを伝えていた。

また、従来は人手に余裕があり、ひとつの現場において、親方、先輩、新人と複数の作業員が、技術を伝授しながら作業を進めることができた。

現在の現場においては、ある程度経験がある熟練技能者については独り立ちさせることが多く、技能者の技術力（現場力）の低下が深刻な状況となっている。

今後、10年以内に、少子高齢化の進展により若年技能者への負担が大きくなるが、それに対応できるだけの技術伝承ができない状況となっている。

そこで、熟練技術者の思考スキル・行動スキルと言われるノウハウを「見える化」するための「熟練技能維持システム」を構築する。

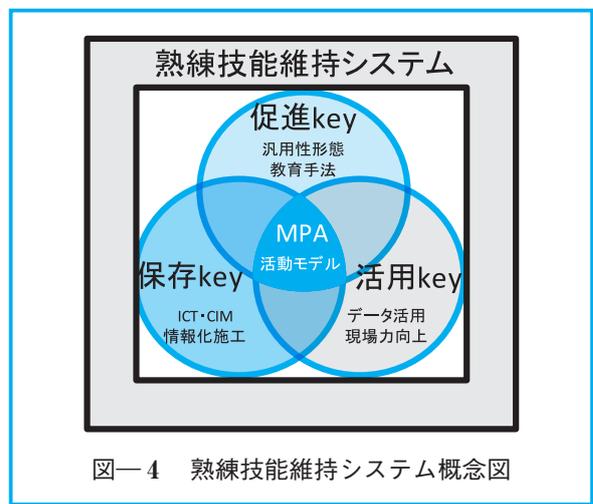
具体的な目的としては

- ① 映像機器及び動線解析ソフトを活用し、作業動線解析による作業の効率化を提案する。
- ② 現在の熟練技能者の技術を「見える化」し、若年技術者及び外国人労働者への指導・技術伝承に活用する。

### (2) 熟練技能維持システムについて

熟練技能維持システムは、3つの項目からできており、概念を図一4に示す。

- ① 促進：ノウハウを蓄積するためのシステムが簡易であり、汎用性を有するものであることが必要である。
- ② 保存：情報通信技術（ICT:Information and



図一 4 熟練技能維持システム概念図

Communication Technology) の活用による建設生産システムの効率化・高度化による生産性向上の観点より、情報化施工としての媒体による成果を産出できるシステムであること。

形式知をデータ化し、ノウハウの蓄積だけに留まらず、歩掛の照査や改定に使用できる根拠として保存する。

また、社会インフラメンテナンスには熟練技能が必要不可欠であるため国土交通省において、今後導入が検討されているCIM (Construction Information Modeling) における維持管理の設計資料となる施工記録としての保存などのような様々な用途に汎用できる記録であること。

- ③ 活用：システムにより保存した熟練技能のデータを後継者がそのまま真似て運用するだけではなく、技能継承に必要な教育活動の環境を確保し、そこでデータの考察を行い思考力を育成させることで現場力を向上させ、技能継承となるものであること。

以上、3点の包含を念頭においたシステムの構築を目標とした。

### 3

## 現場実証

今回、実作業現場の基礎鉄筋組み立て作業において、モニタリングと解析を行った(写真-1)。

### (1) 工事概要

- ① 工事名：横環南栄IC・JCT (その2) 工事
- ② 発注者：関東地方整備局 横浜国道事務所
- ③ 工事場所：神奈川県横浜市栄区飯島地内
- ④ 工期：平成25年11月8日～平成27年2月28日
- ⑤ 工事内容：橋梁下部工 (RC橋脚) 2基

### (2) 現地モニタリングについて

映像処理の方法は、モニタリングカメラにより作業状況を撮影し、工場等の生産性向上対策に使用されている動線描画ソフトで作業員の動線の定量化とその軌跡を描画する。



写真-1 モニタリング現場

その定量化データから作業特性を見える化 (グラフ化) したものを電子媒体として記録保存し、技術伝承のツールとして活用する。

現地モニタリングの事前計画として、映像データを採取するための機器等の配置計画が必要となる。前述の通り、屋外での測定は前例がないためネットワークカメラの画角や設置方法についての詳細計画が必要であった。

計画時においては、スケールモデルや三次元CADモデルの活用により、機器の最適な配置パターンを物理的シミュレーションで検証し、目的とする映像の取得や機器の設置による施工に対する支障を生じさせない形態とすることで、試行の精度を確保することとした(図-5)。

### (3) モニタリングデータによる解析結果

採取された映像データを動線描画ソフトで解析し、見える化データとして加工した。

#### ① 動線軌跡図

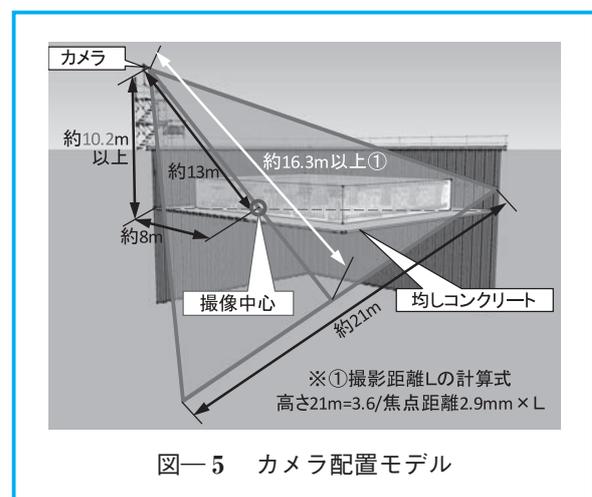


図-5 カメラ配置モデル

動線描画ソフトにより動線軌跡図（写真—2）が出力される。

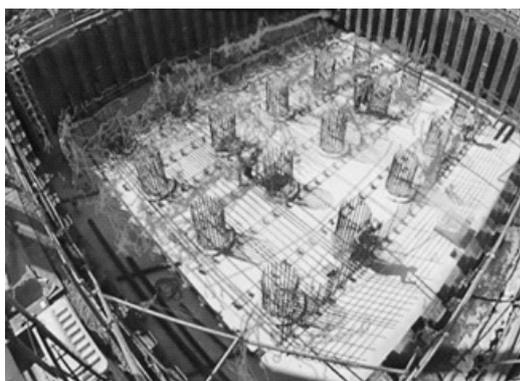
軌跡を追うことにより、組み立て手順等の施工要領を把握することができ、熟練者の手配順序を映像で明確に確認することができるため、技術マニュアルとして活用したり、施工データとして保存が可能となる。

また、余分な人員や人員が重複した箇所が施工のウィークポイントとなるため、これらを重点的に管理することで、改善策を抽出し、生産性や安全性が向上する。

② 作業特性波形図

進捗度とエリア毎の移動人員をグラフ化したものが作業特性波形図となる。

波形の特徴として、施工の初期段階においては



写真—2 動線軌跡図

準備作業等のエリア外の比率が多いため、組み立て作業を行うエリア内作業の進捗は低速であり、工事の進捗に伴いエリア外作業を上回るようになる。

エリア内とエリア外の曲線に多項近似線を設定し、その近似線の交点をTP(Turn Point)とする。

これが内外の割合の変化点となる（今回の施工では、基礎鉄筋の下筋と上筋の2回のパターンが表された）（図—6）。

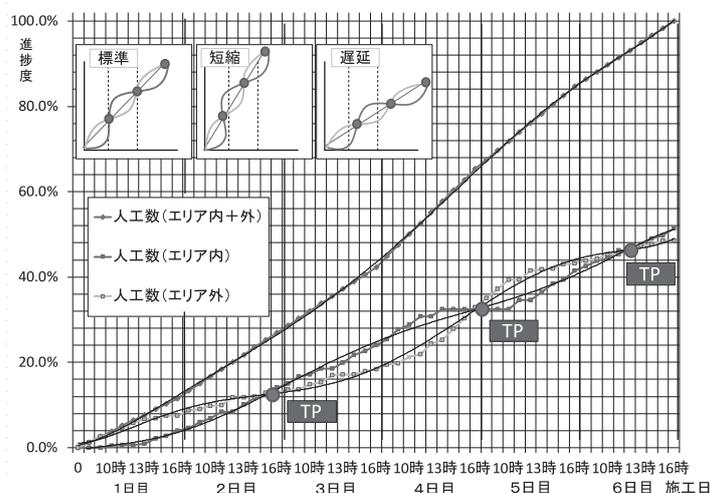
映像データとの併用により、熟練者の手配順序が明確になるとともに、データの蓄積と平準化により「標準的な施工モデル」とすることで、工事の進捗計画及び管理を、従来の親方による感覚だけではなく「具現化したモデル」として工事を把握することができる。

このことが、「ムダ」や「ムリ」を削減し生産性向上の見本として活用できる。

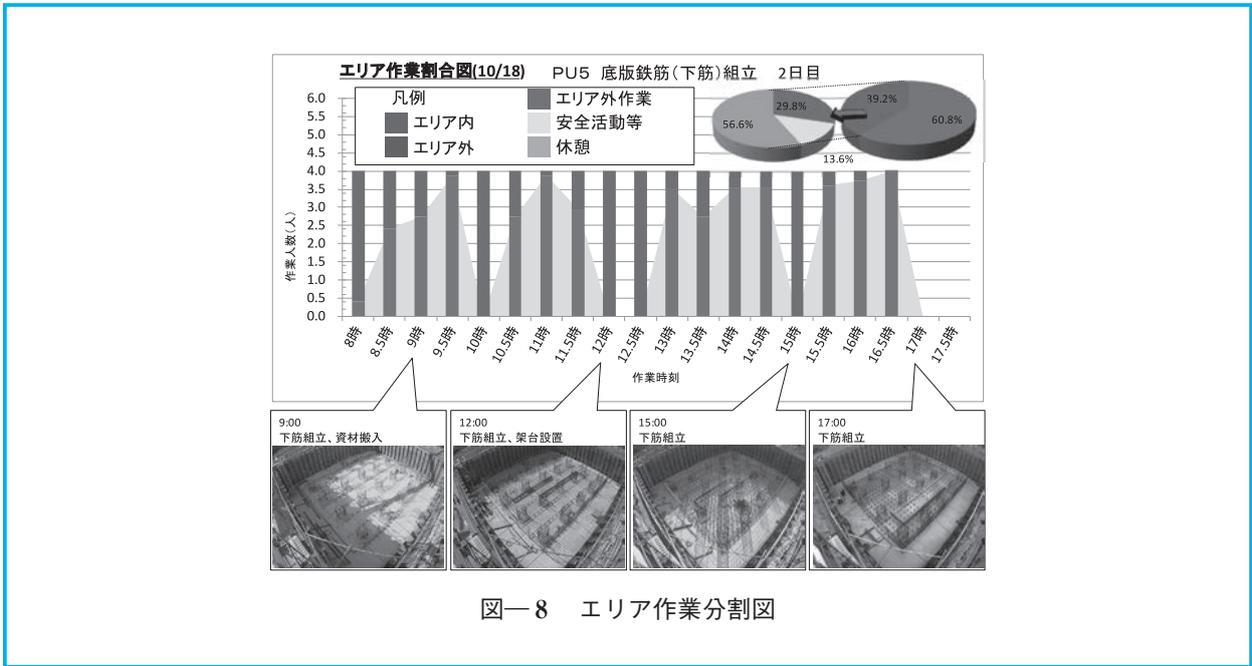
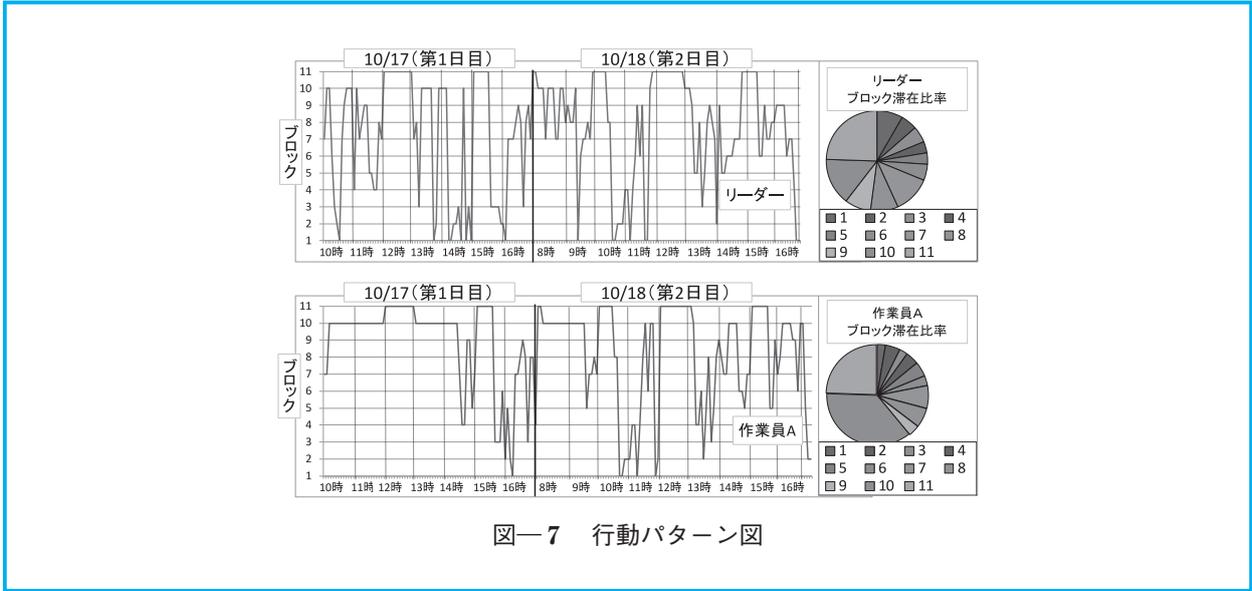
③ 行動パターン図, エリア作業分割図

解析により出力される定量化データは、熟練者の行動を表示する様々なグラフにアレンジが可能であり、例えば、動線軌跡をグラフ化した「行動パターン図（図—7）」やエリア毎の稼働状況を表す「エリア作業分割図（図—8）」など、熟練者の技能及び作業の特性を見える化データとして出力できる。

④ 施工中における活用



図—6 作業特性波形図



記録したデータ等は、タブレット端末等により技能者にフィードバックした（写真-3）。

作業手順書との整合性や資材の配置位置、安全設備の設置状況等のコメントが採取でき、人によるデータの補完や施工性の改善、安全性向上対策の抽出など、すぐにできる改善活動としても効果があった。

⑤ 現場力向上への活用

作業特性波形図は、成長曲線等の性質を有したものであることが今回の解析により判明した。

この特性を回帰分析等の統計的手法により再度



写真-3 技能者へのフィードバック

解析することで、最適な人員配置や施工歩掛の予測ツールとして活用が可能となり、現場の最適な運営方法など、現場力の向上を図ることが可能となる（図-9）。

⑥ CIMへの応用

このモデルは電子媒体として記録保存が可能で、国土交通省の施策であるCIMの属性データとして転化することにより、施工プロセスを次世代の維持管理システムに残すことが可能となる（図-10）。

4

将来の展望

熟練技能維持システムは、大きく分けて二つのシステムで形成されている。

一つは、「次世代建設生産管理システム」であり、もう一つは「次世代アセットマネジメントシステム」である。

次世代建設生産管理システムは、施工時のデータを元に工程管理、安全性向上、品質維持、歩掛改善、技能伝承を実施し、施工現場に直接フィー

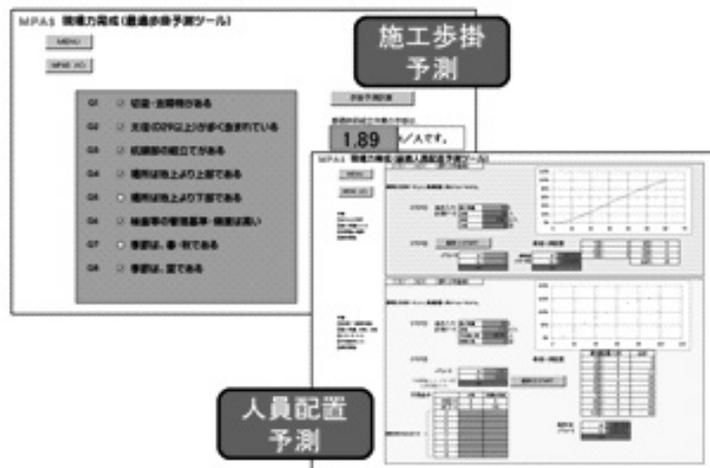


図-9 予測ツールによる現場力向上

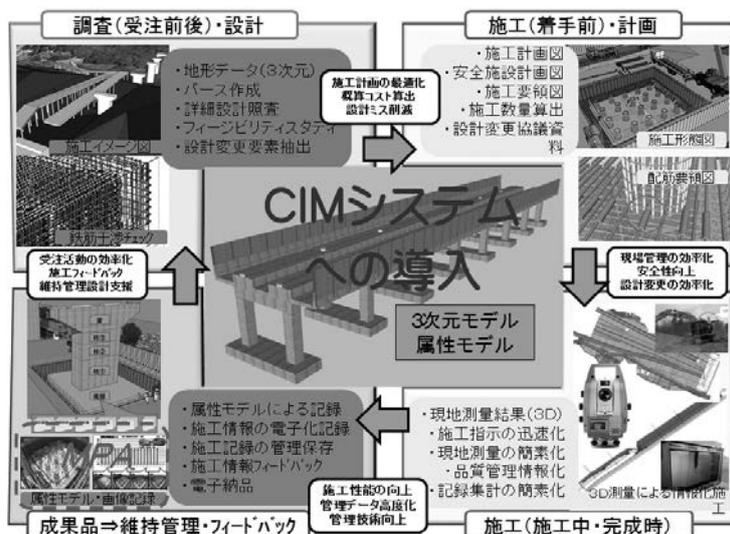
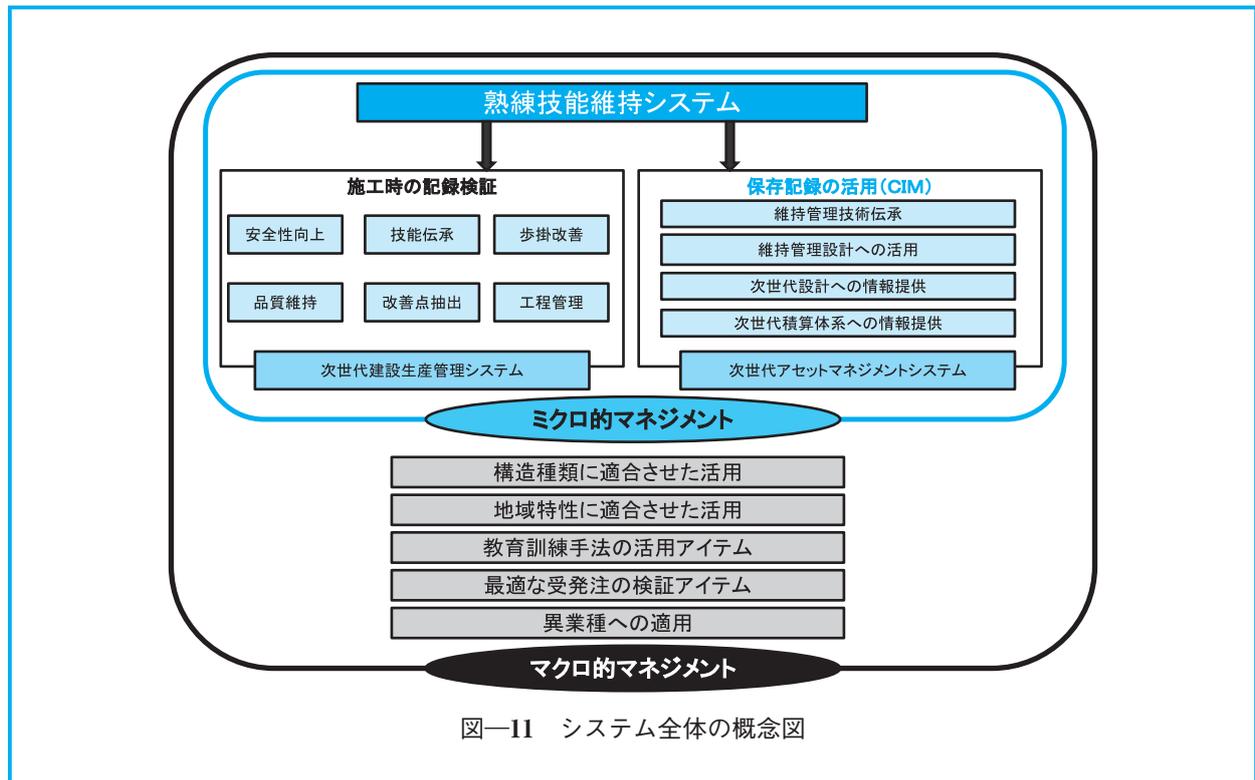


図-10 CIMへの転化



ドバックできるものである。

次世代アセットマネジメントシステムは、施工時のデータを分析し、維持管理技術伝承、維持管理設計への活用、次世代の設計・積算体系への情報提供である。

この二つのシステムは、各々の工事に反映するいわばミクロ的マネジメントであり、多くのデータが取得できた後に、新たにマクロ的マネジメントとして、構造種類・地域特性に適合させた活用手法、教育訓練手法への活用、最適な受発注のための検証、異業種への適用にも広がっていきたい。システム全体の概念図は図—11の通りである。

## 5

### おわりに

熟練技能維持システムの目的及び活用の仕方として、再度、触れておく。

本システムは、人手を要する作業を請け負う企業に対して、生産性を向上して頂き、労務環境を改善してもらうことが一番の目的である。

労務環境を改善し、併せて安全性の向上、品質

の向上、工期短縮による週休二日制を導入することが、少子高齢化による人手不足の解消にも繋がる。

二番目の目的は、日本人が繋いできた匠の技、特に暗黙知的な経験則に見える化することで、将来、建設業に従事する女性や若年層にできる限り早く技術・技能を修得してもらうことである。

併せて、今後、ASEAN諸国に対して、インフラを輸出する場合においても、人的資源の開発として、本システムも併せて輸出していけば、現地技能者の育成にも寄与できる。

このシステム開発の研究が、今後の建設生産システムの向上及び若手技術者や施工従事者の育成と建設業界の魅力再生への一助になれば幸いである。

#### 【参考文献】

- 1) 田村泰史, 稲垣 孝, 桑原茂雄, 田中 優: 土木現場における作業動線解析による作業効率化の研究, 2015
- 2) 田村泰史, 桑原茂雄: 土木作業特性の見える化による技術伝承と生産性向上の対策, 2015