

建設生産システムの現状と課題

～ 建設ICTの普及をめざして～

名古屋工業大学大学院

教授 山本幸司

本来の社会基盤施設とは

◆旧来の社会基盤施設の定義・・・

インフラ(Infra) 下部の ストラクチュア(Structure) 構造

特定の個人や組織が、その便益を排他的に享受するのではなく、社会的に広く提供するような施設もしくはその集合体としてのシステム

人間社会が発展し、存続するために必要な共同利用施設である交通・通信施設、上下水道・エネルギー関連施設、工業団地、農林漁業基盤施設、各種都市施設、教育・文化・福祉厚生施設、河川・海岸等の国土保全施設等の総称

生活関連社会基盤施設
産業関連社会基盤施設
国土保全関連社会基盤施設

社会基盤施設それ自体は利益を生む必要はない
しかし事業採算性が問われるようになってきた

◆少子高齢化時代にニーズが低下する社会基盤施設、少子高齢化時代に新たに必要となる社会基盤施設とは・・・

社会資本整備をとりまくさまざまな環境変化

社会資本の必要性に関する偏った風潮

少子・高齢化による社会資本の質的・量的変化

PFIの試行

PIの試行

CM方式の試行

SEA導入の検討

事業評価制度の拡大（事前評価・再評価・事後評価）

入札方法の多様化（競争性、公平性、透明性、品質の確保）

総合評価落札方式、設計・施工一括発注方式・・・

社会資本整備に必要な財源確保の困難性

社会資本の有効活用

生産性向上

土木建設分野の生産性が低い原因

- **属地生産**

生産現場へ生産設備を搬入し、また生産終了後は搬出しなければならない。さらに、自然現象の影響をもろに受ける。

- **一品生産**

設計条件や現場条件がすべて異なるので、大量生産はもちろん少量生産にも不向きで、一品生産が前提となる。

- **注文生産**

注文受注後でないとは設計や工事を開始できない。

建設生産システムにおける社会的・技術的な環境の変遷

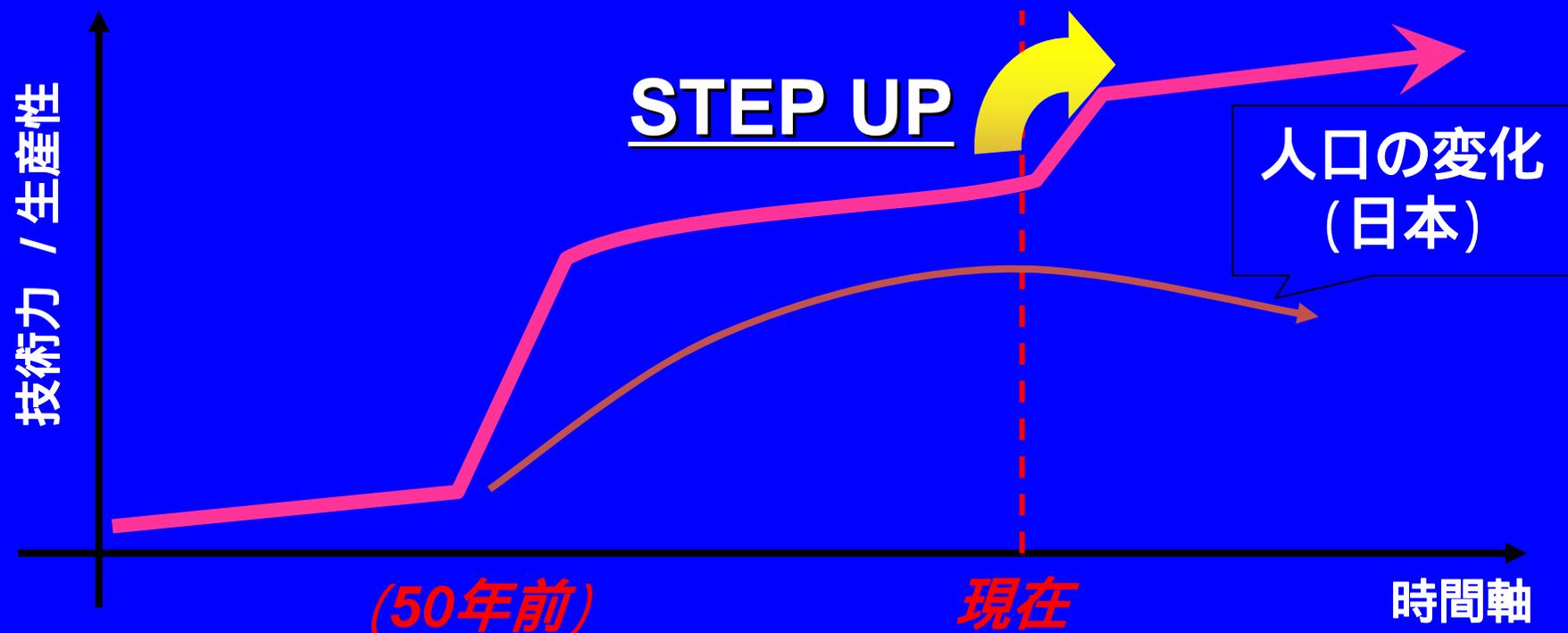
量(道路延長など)の充足 質の向上(景観、環境、安全・安心など)

直営 / 限られたスタッフの中 請負 / 多くの技術者が関係

(紙データ) コンピューター インターネット

ユビキタス&クラウドコンピューティング

人力 機械力 建設生産向上システム



目的

効率的且つ効果的な社会資本整備を通じ、国の発展に寄与すること

| | |
|----|---|
| 住民 | 国(地域)づくりへの参画 安全・安心・快適な施工 社会資本の品質向上(用・強・美) 郷土愛 |
| 行政 | 効率化・適正化(計画 設計 品質・安全・環境・予算管理 維持管理 更新) 行政信頼向上 |
| 企業 | 効率化・適正化(調査 設計 施工 維持管理) 利益率向上 技術力・国際競争力向上 |

手段

目的を果たすための手段
(目指す姿; 目標)

建設事業における一連の過程(計画~設計~施工~維持管理)において、
効率的且つ効果的な事業執行により生産性向上及び行政サービスの向上を図る



行動

目標達成に向けた取組

ICTモデル事業の実践
【現場での実践 効果検証 地元建設企業対象】

連携

建設ICT導入研究会の設立
【一般公募による英知の結集(産学官) 成果の普及 課題解決】

建設生産システム改善手法



H22建設ICTモデル事業

(現場・地元企業へのICT浸透)

施工モデル(44件) MG, MC, TS等

設計モデル(2件実施予定)

連携

建設ICT導入研究会

(一般公募、ICTの結集、産学官連携)

会員:325者(プロジェクト会員79、一般246者)

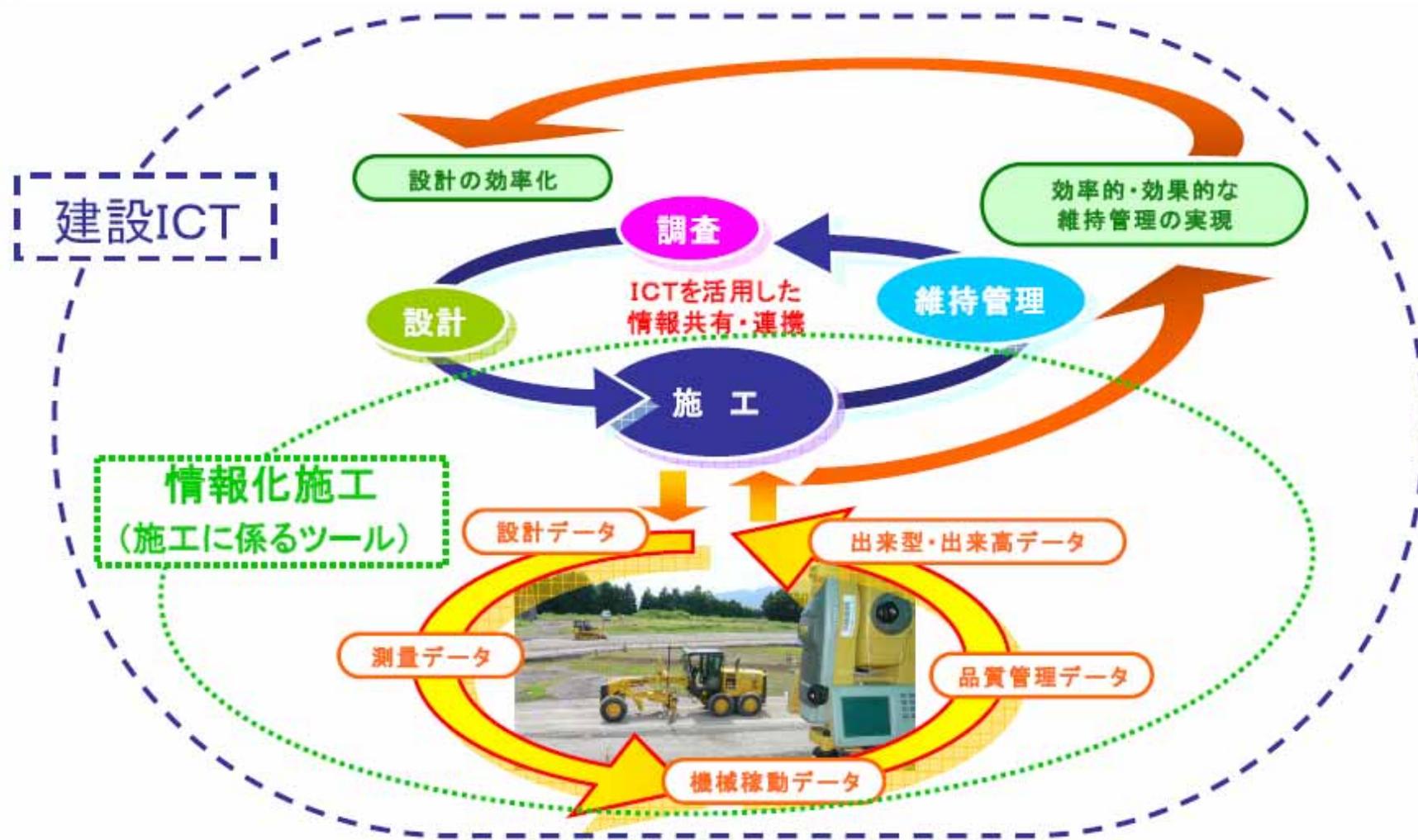
(平成22年7月22日現在)

技術普及・現場支援・技術研究)

PT(情報共有・要領見直し等)

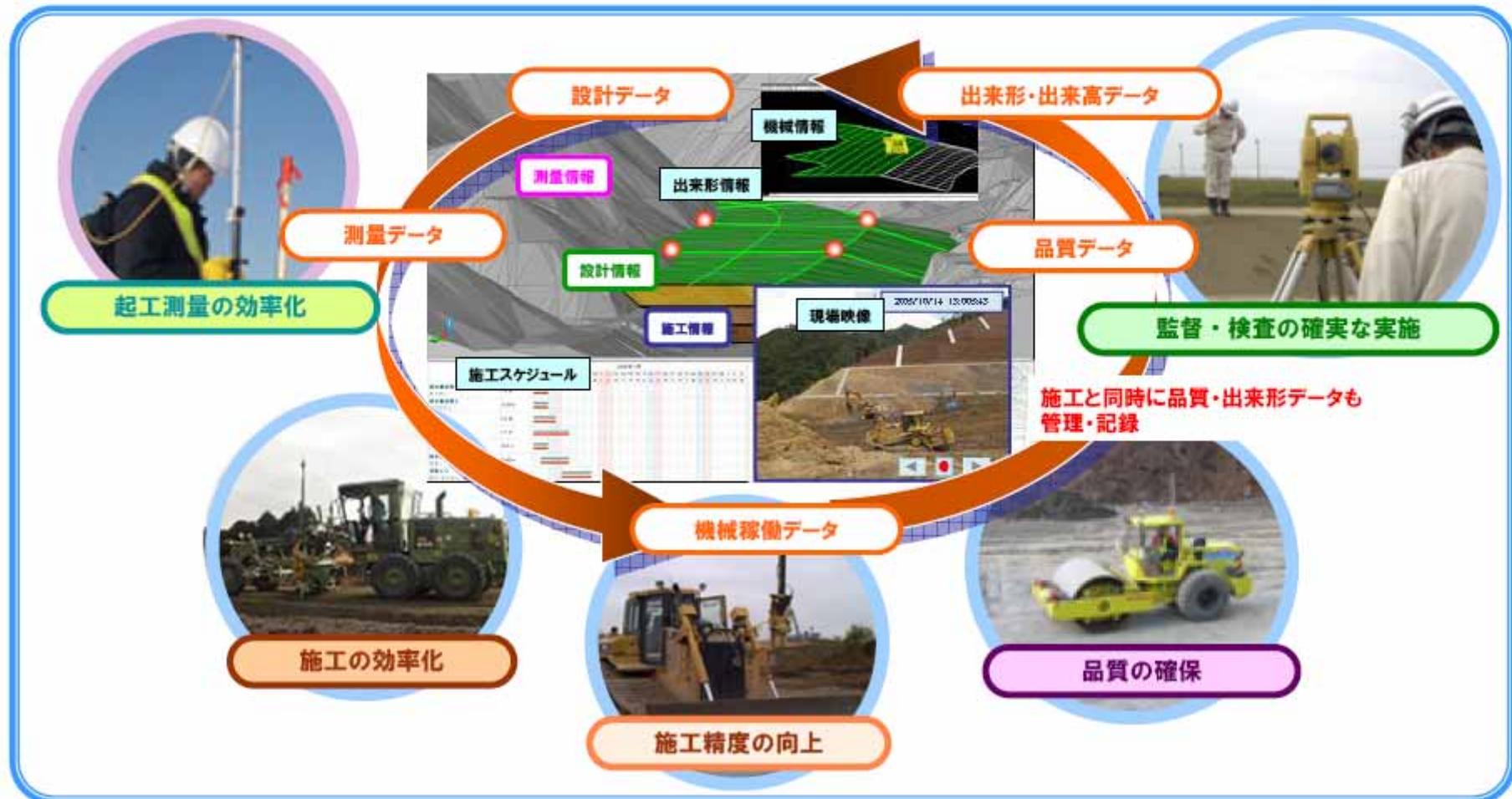
建設ICTとは？ ~Information and Communications Technology~

- 調査・設計・施工・維持管理・修繕の一連の建設生産システムにおいて、コンピュータや通信技術などを導入し、効率化・高度化など生産性向上に寄与する情報通信技術を「建設ICT」という。



情報化施工とは？

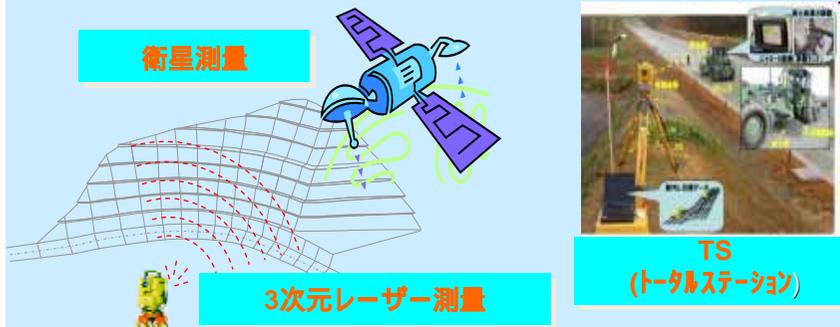
- ① 調査、設計、施工、維持管理という建設生産プロセスのうち「施工」に注目
- ② 各プロセスから得られる電子情報を活用し、高効率・高精度な施工を実現
- ③ 施工で得られる電子情報は、他のプロセスでも活用



ICT (情報通信技術) の例

測量支援ツール

(航空レーザー測量、3D測量、衛星測量等)



施工支援ツール

(自動施工(マシンコントロール)、無人化施工、統合管理)



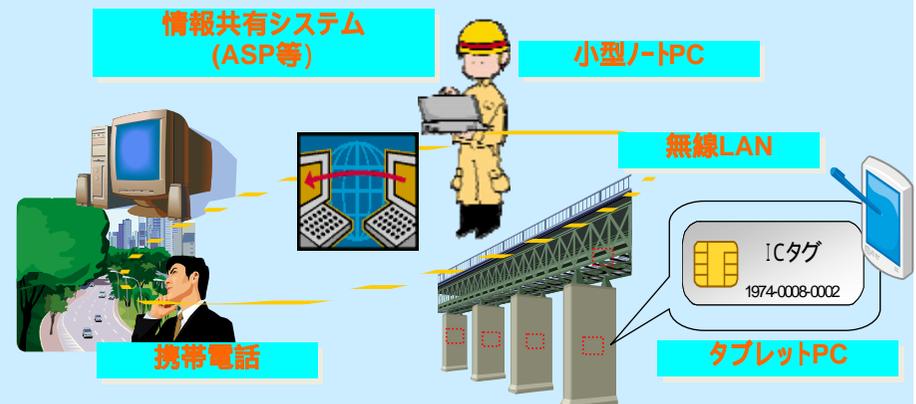
設計支援ツール

(3DCAD、VR、シミュレーション、構造計算、積算)



情報一元化ツール

(情報共有システム(ASP等)、映像技術、ICタグ等)



情報化施工を構成する技術メニューの例

●マシンガイダンス(MG)/マシンコントロール(MC)

- MGはブルドーザ、モータグレーダ、バックホウ で実用化
- MCはブルドーザ、モータグレーダ で実用化
- 丁張りレスで施工 → 施工の“スピード”と“品質”の両方が向上

●TS・GPSを利用した盛土締固め管理

- 締固めの品質向上、確実な施工管理が可能
- 締固め管理は、砂置換法、RI法と同様の管理手法として施工管理基準に記載済み
- ローラーにセンサーを搭載して、アスファルト表面温度などを同時に計測する例もある

●TSを利用した出来形管理

- TSによる計測だけでなく、TSに入力した設計値との比較検証も可能
- 河川土工、道路土工に対応した管理要領(案)が有る
- 検査要領にもTSを用いた出来形検査が可能

○振動ローラの加速度応答による締固め管理 (Intelligent Compaction)

- 日米で研究が進められている。

○3D-CADを用いた設計及び施工管理

- 建築分野での導入例多い。
- 日本では、CALS/ECの取り組みとして設計の3次元化が進められる(予定)

■MC・MG導入のメリット



- 杭(丁張り)の削減
- 安定した施工品質の確保
- 人的作業ミスの削減
- 熟練不要
- 施工スピードの向上
- 材料(コスト)の削減
- 複雑な地形も簡単な地形と同じ時間で施工可能
- 夜間作業など視認性が悪い現場での作業性向上
- 安全性の向上(検測作業の減少による接触事故防止)
- 検査工程の削減

建設ICT導入研究会

建設ICT導入研究会 会員総数: 325者(平成22年7月22日現在)

体制

会長: 中部地方整備局長
副会長: 中部地方整備局企画部長

マネジメント委員
第三者的立場から導入技術の評価、
研究会の運営評価を行う。

事務局

プロジェクト会員

技術普及チーム

現場支援チーム

技術研究チーム

サテライト会員(一般会員)

活動

建設ICT総合サイト

技術普及

ICT導入の手引

ICT通信

ICT現場見学会

ICTモデル事業
(現場)

ざっくりICTシリーズ

基準類の策定・見直し

現場打合せ

技術研究

現場検証

現場支援

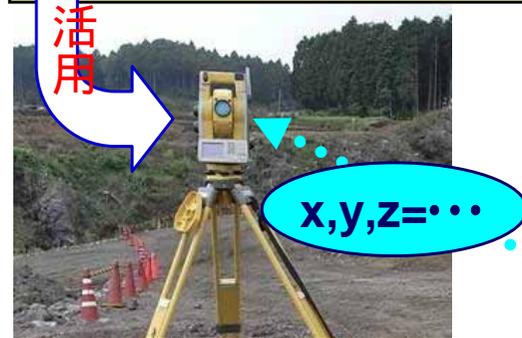
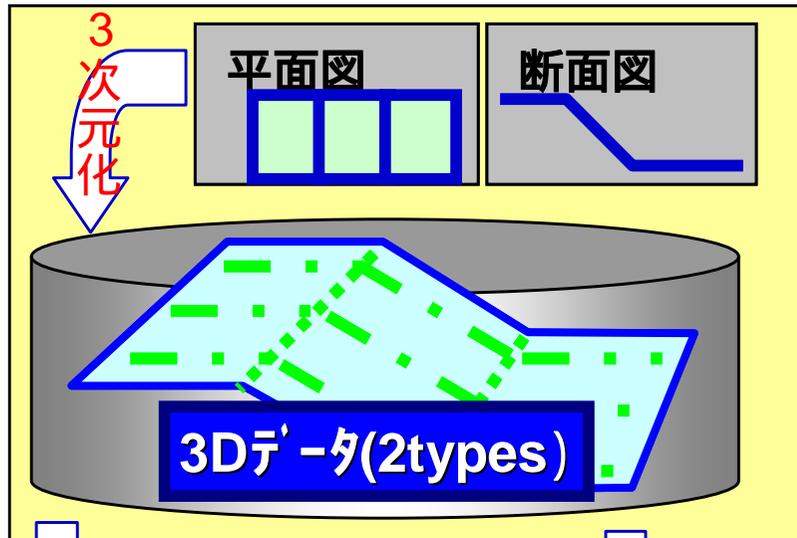
監督検査の見直し

H21 ICTモデル事業マップ

(情報共有) 秩父
ICTモデル事業マップより



モデル工事におけるICT導入技術



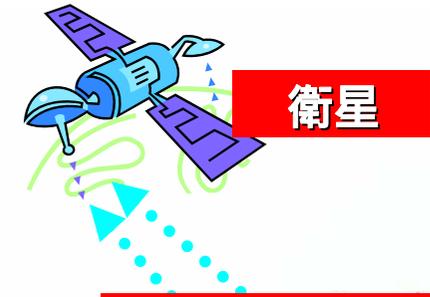
【トータルステーション TS】
測量箇所の位置(X,Y,Z)を自動的に計測し、出来形の把握等を支援する技術

トータルステーション(TS)



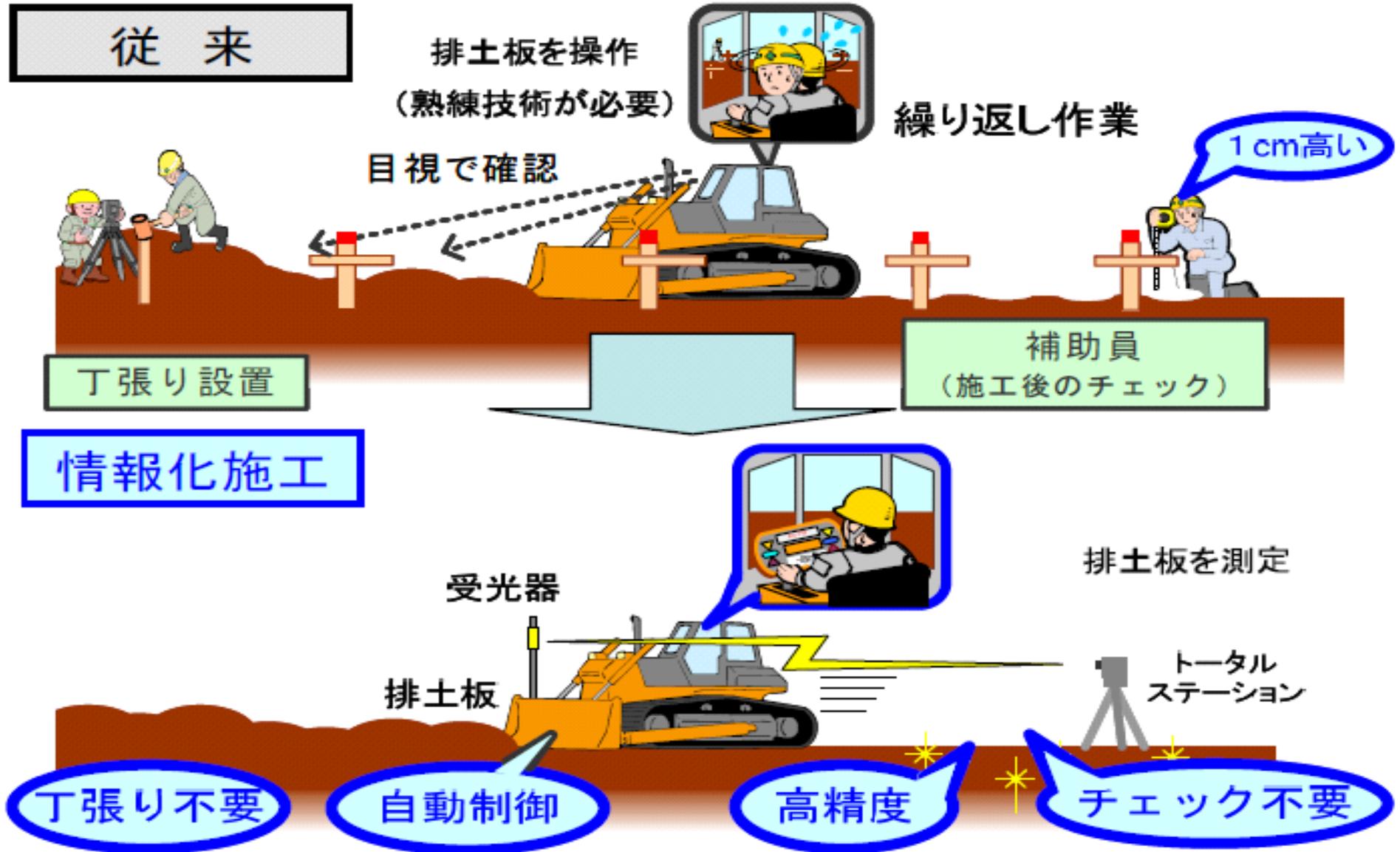
【マシンガイダンス MG】
設計面に対するバケットの位置を、画面等を通じてオペレータに伝え、施工を支援する技術。

マシンガイダンスシステム(MG)搭載バックホウ



衛星情報受信機

従来施工とICT導入後の施工



マシンコントロール技術のイメージ

3次元化による可視化により得られた効果・今後

モデル工事での導入効果

完成時・施工時の形状が容易にイメージ可能。
コミュニケーションツールとして活用可能。

ex. 3次元図化した資料を協議資料として活用。

施工時の形状が容易にイメージでき安全管理に資する。

3Dに時間軸を加え工事進捗状況の把握が視覚的に可能。

課題

2D 3Dを施工段階で作成することは、多大な作成時間が必要。
設計段階から導入が必要。

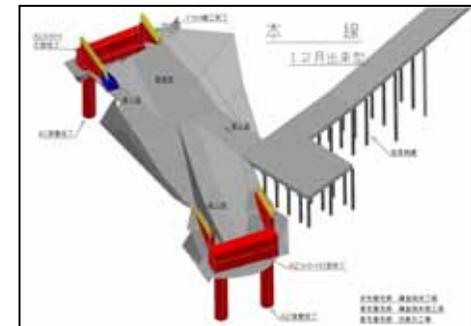
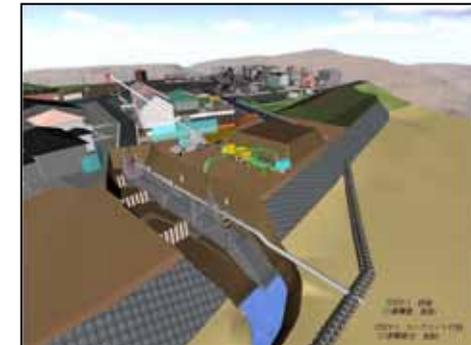
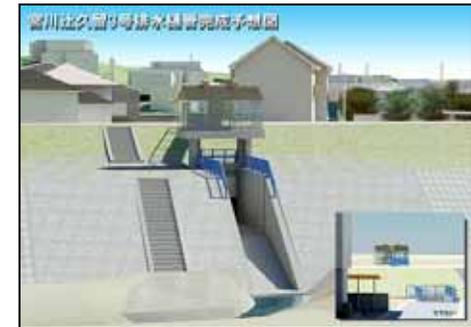
今後

【計画段階での合意形成】

計画段階から3D・VR(バーチャルリアリティ)を導入し、
わかりやすい説明により合意形成(国民、関係機関等)することが
重要。

【詳細設計】

3D設計導入により 視覚化 高い品質の設計、設計ミス防止



建設ICTに関する海外の取り組みや反応

- 欧米では我が国よりも建設ICTに関する取り組みが進んでいる
 - 今後、発展途上国への建設ICT技術の技術移転で立ち遅れる可能性がある
- 一方、発展途上国ではまだまだ関心が薄い
 - 建設ICTによる省力化よりも労働力重視という考え方が強い

情報化施工の普及に関する日欧米の比較(1/4)

| 項目 | 米国 | ドイツ | スウェーデン | 日本 |
|---------|---|---|---|---|
| 推進計画・体制 | <ul style="list-style-type: none"> ・IC(Intelligent Compaction) Strategic Plan (FHWA: 2005.4) ・Transportation Pooled Fund #954 (FHWA: 2005-) ・NCHRP (National Cooperative Highway Research Program) 21-09 (TRB: 2006-) | <ul style="list-style-type: none"> ・情報化施工等を取り入れた新たな仕様・規格を整備する機関、情報化施工対応の人材教育機関があり、積極的に情報化施工技術を導入可能な環境を国が整えている。 | <ul style="list-style-type: none"> ・国として省力化、情報化施工技術の導入による使用エネルギーの削減などの効果を期待し、適用可能な工事では、情報化施工技術の導入を積極的に認めている。 | <ul style="list-style-type: none"> ・『情報化施工推進計画』(2008年7月) ・情報化施工推進会議(2008年2月) ・中部建設ICT導入研究会(2008年11月)他 ・JCMA「情報化施工委員会」など |
| 普及状況 | <p>【工事での普及状況】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・小規模な工事現場においても広く利用 <p>【機械・機器の普及状況】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・グレーダやブルドーザのAMGが主流 <p>【機械・機器の保有状況】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・小規模な会社でもAMG機械を保有 | <p>【工事での普及状況】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ライン州ではIT施工を7年前から導入 ・中小規模の企業を対象に導入推進 <p>【機械・機器の普及状況】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・3D-MC/MG(油圧ショベル)が主流、加速度応答の締固め管理も導入 <p>【機械・機器の保有状況】</p> <ul style="list-style-type: none"> CCC(転圧施工における情報化施工)に関して、機械、機器は基本的に施工業者が用意する。 ・過去2例、施主が機器をレンタルで用意し、施工業者へ貸与したことがある。 | <p>【工事での普及状況】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2000年より導入開始 ・一般的な工事において広く利用 <p>【機械・機器の普及状況】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・油圧ショベルのMG/MCが主流 ・IC(インテリジェントコンパクション)の導入もあり <p>【機械・機器の保有状況】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・元請けが3D-MC/MG保有、下請けが2D-MG保有 ・3D機器を元請けが下請けに貸与有 | <p>【工事での普及状況】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・国交省直轄工事において140件程度の試験施工を実施(2009) <p>【機械・機器の普及状況】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・3D-MC/MG(グレーダ、ブルドーザ、油圧ショベル)、TS/GPSローラの締固め管理、TS出来形管理が主流 <p>【機械・機器の保有状況】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・レンタルが主体 ・一部の舗装会社や大手ゼネコンなどが機械保有 |

情報化施工の普及に関する日欧米の比較(2/4)

| 項目 | 米国 | ドイツ | スウェーデン | 日本 |
|------------------|---|--|--|---|
| 入札契約時におけるインセンティブ | <p>【情報化施工の採用動機】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・工事発注時の仕様書等での導入指示は無し ・工事での導入の採否は請負者の判断 <p>【導入時の費用負担】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・AMGの導入コストは請負者負担 ・GPSローバの調達コストは発注金額にあらかじめ上乗せ <p>【導入効果に対するインセンティブ】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・品質向上(締固め度)や工期短縮等に対する報奨金 ・VEの実施事例もある(コスト削減分を受発注者間で折半) | <p>【情報化施工の採用動機】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建設後25～30年後の維持管理付き発注(PPP:Public-Private Partnerships)が導入され始め、品質向上に向けて情報化施工の導入が進み始めた ・施主あるいはコンサルタントがCCC(転圧施工における情報化施工)採用を指定する場合と、施工業者が独自の判断で採用する場合がある(PPPの場合はこちらになる)。割合は50%ずつ程度 <p>【導入時の費用負担】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発注時CCC指定の場合、発注金額に導入費用上乗せ ・施工業者提案の場合、発注金額への反映はなし。ただし品質測定回数削減などを施主と協議 <p>【導入効果に対するインセンティブ】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基本的でない。PPP契約の場合は、高品質がそのまま施工業者の利益になる。 | <p>【情報化施工の採用動機】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・総合評価方式に近い入札形式で、技術力のある企業が落札しやすい ・イェテボリ市発注の道路工事では情報化施工使用が仕様書で明示 <p>【導入時の費用負担】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・情報化施工技術の導入によって得られるコスト縮減効果は、工事費(施工単価)に反映していない <p>【導入効果に対するインセンティブ】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・工期短縮による報奨金制度は無いが、受発注者間で個別に交渉 | <p>【情報化施工の採用動機】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・試験施工での発注者指定有り ・施工者提案での導入も有り <p>【導入時の費用負担】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・試験施工にて導入コストの一部を見込んでいる <p>【導入効果に対するインセンティブ】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・情報化施工導入工事の工事成績評定における加点 |

情報化施工の普及に関する日欧米の比較(3/4)

| 項目 | 米国 | ドイツ | スウェーデン | 日本 |
|---------|---|---|---|--|
| 導入環境の整備 | <p>【3次元設計データの作成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発注者から3次元設計データを無償で提供(ニューヨーク州では20%程度の工事で提供) ・それ以外は施工者が設計図面を元に作成 <p>【GNSS測位】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・州政府においてGPS基準点網を整備し、施工者へ補正情報を無償で提供(ニューヨーク州:46基、ミソ州:100基など) <p>【データ利用】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・監督・検査ツールとして、データの利用可能なTSやRTK-GPSを活用(TS・GPSは請負者が準備) | <p>【3次元設計データの作成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発注者からの概略設計図を基に施工者にて作成 <p>【GNSS測位】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・特になし ・技術仕様書補足(ZTVE-STB94)ではRTK-GPSの使用を義務づけてはいない。D-GPSやローラの距離計などで位置決めを行ってもよい <p>【データ利用】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・出来高払いの施工量の計算にICTデータを利用 ・発注者内でも3D-CADを積算に利用 | <p>【3次元設計データの作成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発注者から3次元データ提供 ・政府として1種類のCADソフトを指定 <p>【GNSS測位】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・GPS基準点を政府にて整備(70~100基) ・施工者は無償でデータ使用可能 <p>【データ利用】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・施工現場によらず、監督・検査ツールとして、データの利用可能なRTK-GPS等を活用。発注者側の業務改善(業務軽減と効率化)を図っている | <p>【3次元設計データの作成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・施工者が設計図面を元に作成 ・2D-CADからの変換支援ソフト有り <p>【GNSS測位】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各現場にて基準局を設置し補正情報を作成 ・国土地理院にて電子基準点を約1200基 ・電子基準点のデータを基に、補正情報を民間企業にて有償配信 <p>【データ利用】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・監督・検査ツールとして、データの利用可能なTSを活用(TSは請負者が準備) |
| 監督・検査 | <p>【監督・検査基準】</p> <p>【ニューヨーク州の例】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・AMG導入現場における出来形計測頻度・手法・規格値は設計者が草案を作成し、請負者と協議して現場毎に決定 <p>【監督・検査方法】</p> <p>【ニューヨーク州の例】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・検査はTS・GPSにて任意点で実施 | <p>【監督・検査基準】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・検査方法は「技術仕様書補足(ZTV E-STB94)」で規定 <p>【監督・検査方法】</p> <p>【ライン州の例】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・検査は発注者の技術者がICTデータ等を用いて実施 ・検査の90%程度はコンサルタント(認証企業のみ)が代行 | <p>【監督・検査基準】</p> <p>【スウェーデン道路公社の例】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・検査は、抜き打ちでRTK-GNSS等の情報化施工技術を用いて実施。 <p>【監督・検査方法】</p> <p>【スウェーデン道路公社の例】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基本的に性能発注。 ・通常の監督検査はコンサルタントが実施 ・発注者は、抜き打ちで検査 | <p>【監督・検査基準】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「TSによる出来形管理要領(案)」(H20.3) ・「TS・GPSを用いた盛土の締固め情報化施工管理要領(案)」(H15.12) <p>【監督・検査方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発注者による監督・検査要領・基準に従い実施 |

情報化施工の普及に関する日欧米の比較(4/4)

| 項目 | 米国 | ドイツ | スウェーデン | 日本 |
|------|---|---|--|--|
| 人材育成 | <p>【施工者側の人材育成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建設機械メーカーにて、操作方法の講習や施工者向けのコンサルティングビジネスを展開 <p>【発注者側の人材育成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建設機械メーカー等が実施する講習会等への参加など | <p>【施工者側の人材育成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各メーカーにてトレーニングコースを開設している。B社では工場でのトレーニングの他に現場へ技術者を派遣してトレーニングを行うコースもある <p>【発注者側の人材育成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・監督・検査業務の民間委託を含め、人材を確保 | <p>【施工者側の人材育成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・測量機器メーカーの支援により、企業側で研修を実施 ・GNSSの資格者制度有り <p>【発注者側の人材育成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・監督・検査業務の民間委託を含め、人材を確保。 | <p>【施工者側の人材育成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・JCMAにて「情報化施工研修会」を実施 ・建設会社等にて自社で研修会を実施 ・ソフト開発会社等がセミナー開催など <p>【発注者側の人材育成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・職員研修や勉強会、見学会を実施 |

建設ICT事業に関する取りまとめ

- 建設ICTモデル事業を通していくつかの成果が得られたが、今後取り組むべき課題も見出すことができた。
- 現時点では施工段階を主対象とした建設ICTであり(その意味では情報化施工の発展とも言える)、今後はプロジェクトライフとしての最上流から最下流までを対象とすべきである。
- 建設ICTが導入効果をさらに発揮するためには、これまでの監理・検査業務方法の改善が必要である。
- 建設ICTが導入効果をさらに発揮するためには、技術者やオペレータに対する研修システムや資格制度が必要である。
- 建設ICTに関する学生への教育が大学に望まれる。

大学に望まれていること

- 我が国の大学では、測量学研究室や施工学研究室がほとんど存在しない。
- 我が国の大学では、3D設計や建設ICTに関する開講科目がほとんどない。

教員が担当する授業で触れる程度、もしくは実務型教員(非常勤教員)による特別講義で扱う程度である。
- JABEEの認証資格で要求される技術者倫理に関する開講科目が不十分である。