

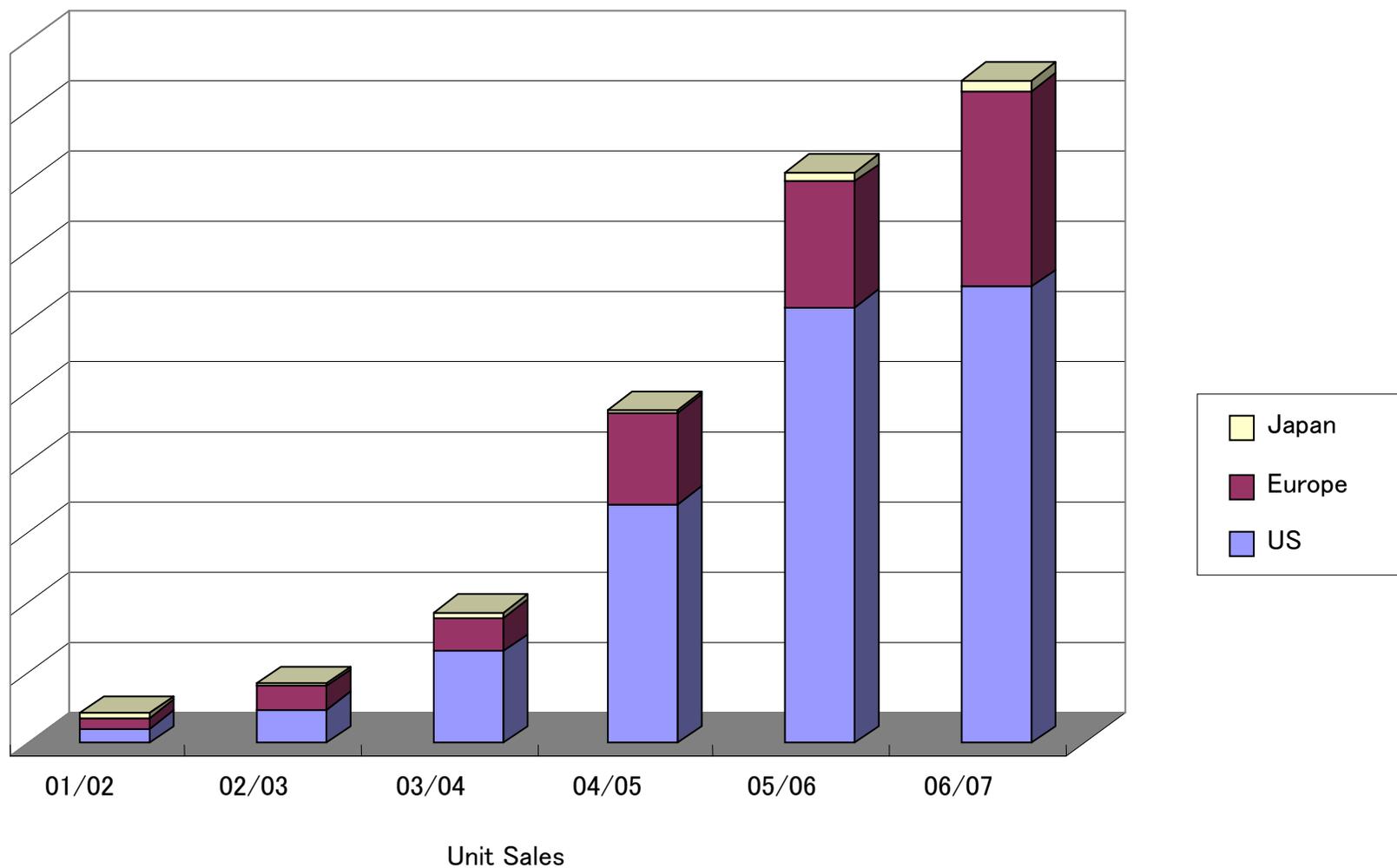
情報化施工推進戦略について

(2008.10.29 建設技術フェアin中部 「ICTシンポジウム」)

森下 博之

総合政策局 建設施工企画課 企画専門官

これは何のグラフでしょうか？



AUTOMATION
AND ROBOTICS
IN CONSTRUCTION XI



PROCEEDINGS OF THE
11TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM
ON AUTOMATION AND ROBOTICS
IN CONSTRUCTION (ISARC),
BRIGHTON, U.K., 24-26 MAY, 1994



D.A. CHAMBERLAIN

EDITOR

ELSEVIER

6. CONCLUSIONS

Examining the trial constructions it is verified that there is no problem of immediate actual implementation of this system in terms of accuracy. This system is very effective with regard to shortening the road paving periods, improving the accuracy of operation, and reducing labour requirements.

The features and results of this system are given below.

1. Measurement work and work setup can be simplified by directly taking the design data of the road as the reference data for work.
2. Perform travel course controls of the asphalt paver unit without installing measurement desk, sensors, ropes, and other reference lines.
3. The postures of all the work equipment are controlled in three dimensions with high accuracy according to the design plan.
4. Work controls and dimensional controls will be integrated in future, enabling a total system to be used.
5. This system can be used for automation of all other construction machines, obtaining high accuracy, and for reducing the high level of skill that was required conventionally.

The prototype of this system is presently being checked and tested. The principles of the system have been verified by tests but problems such as accuracy and technology for mass production need to be resolved, therefore, some more time is necessary to attain practical realisation. In future, top priority will be given to extracting and resolving these problems to progress toward practical realisation of this system.

REFERENCES

1. Public Works Research, Ministry of Construction, Advanced Construction Technology Centre, Private Industry Joint Development Team, Development of new working technology in construction industries, 3rd Report, 1993.
2. T.Nakamura, T.Kiriyama and S.Mori, Development of pavement construction system using sensors, Civil Engineering Journal, VOL 35, No.9, 1993.

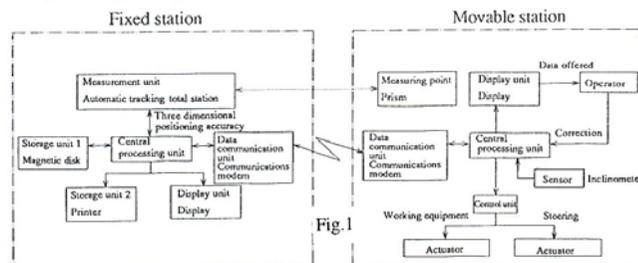


Fig. 1

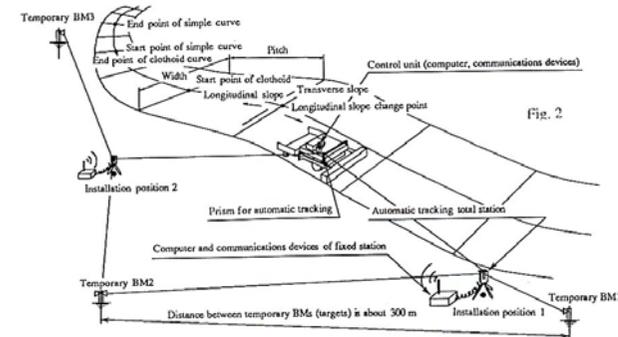


Fig. 2

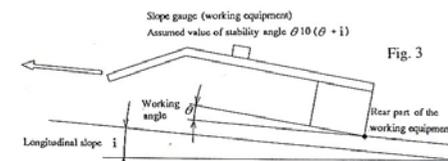


Fig. 3

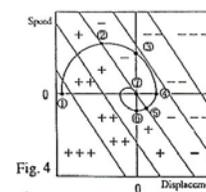


Fig. 4

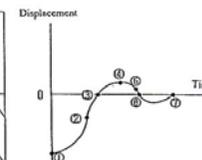


Fig. 5

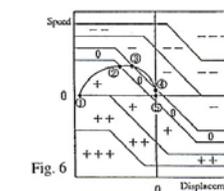


Fig. 6

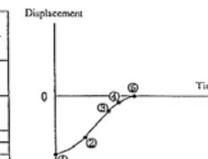
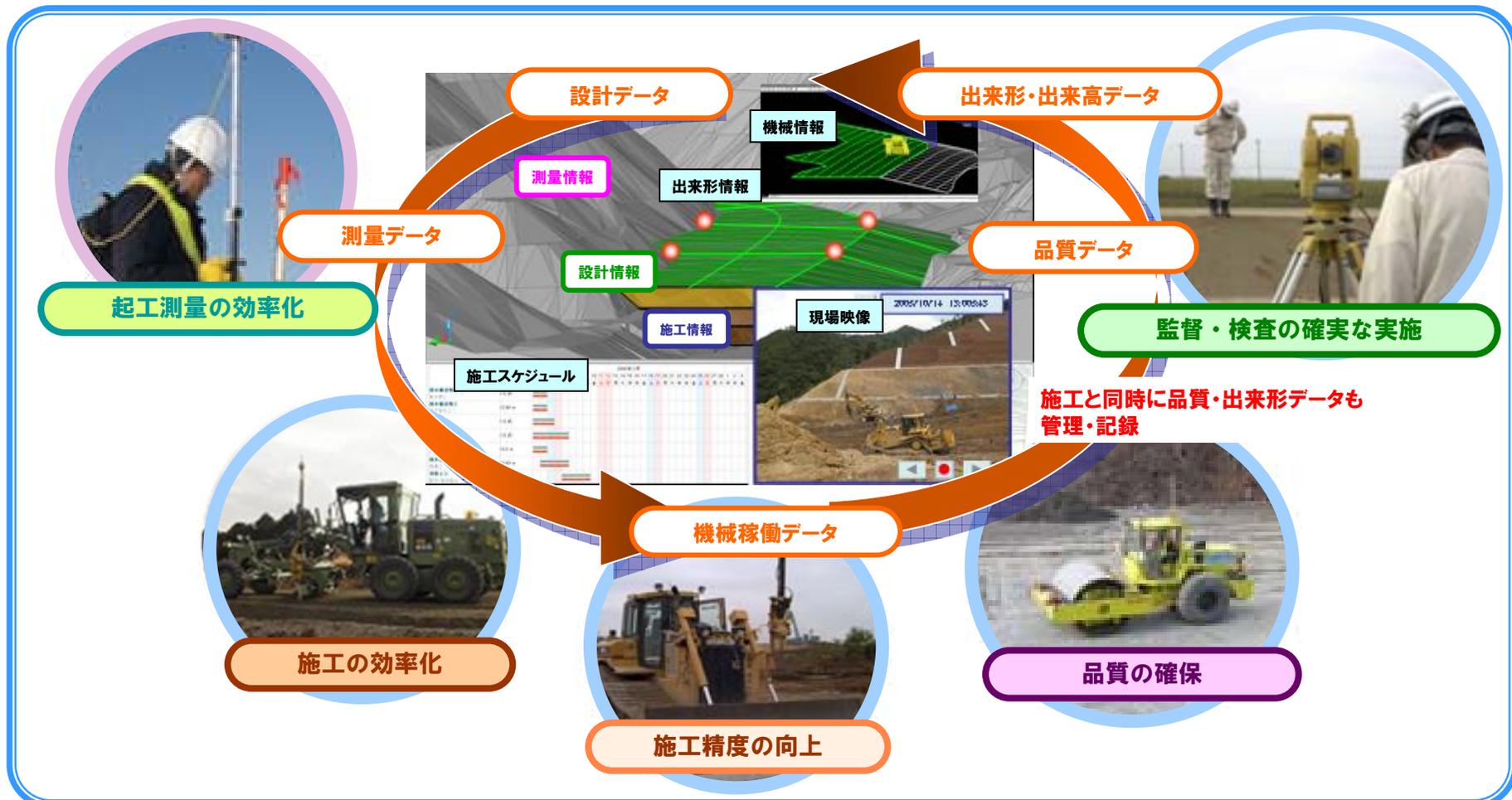


Fig. 7

- 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



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(AMG)／マシンコントロール(AMC)

- AMGはブルドーザ、モータグレーダ、バックホウ で実用化
- AMC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
- 米国では平坦性向上や工期短縮によるボーナス獲得のための導入例多い。

ローラのパス管理による締固め管理

- 舗装やダムの締固め作業で使用例多い
- 締固めの品質向上、確実な施工管理が可能
- パス管理は、砂置換法、RI法と同様の締固め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

TSを使った出来形管理

- 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)あり。
- 検査要領にもTSを用いた出来形検査が可能
- 日本独自の技術(完成検査の考え方の違いか?)

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

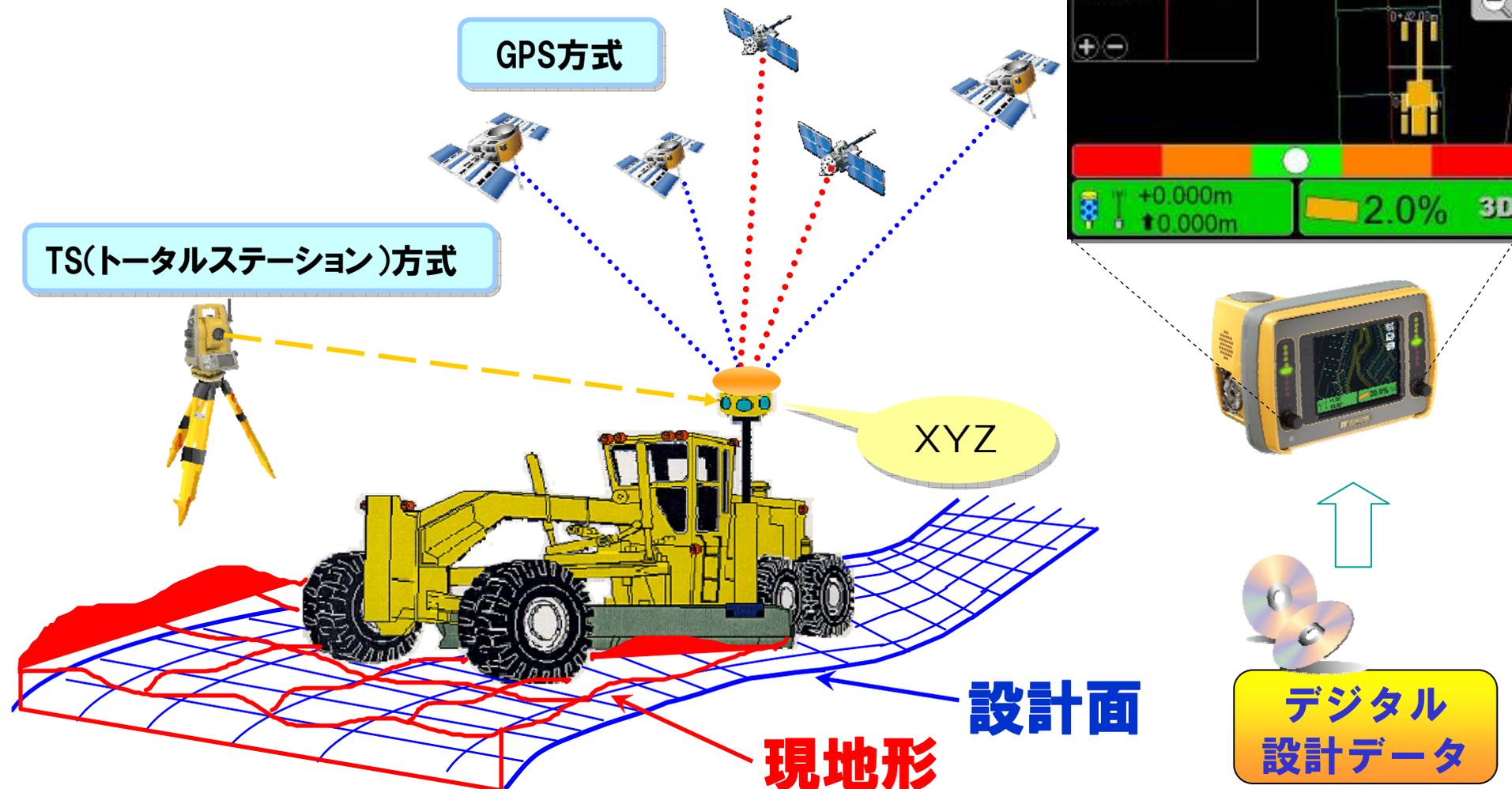
- 日米で研究が進められている。
- FHWA(米)が主導し、12州で〇〇のためのプロジェクトが進められている。
- 米国では密度向上によるボーナス獲得のため、施工企業の施工管理への導入事例あり

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)
- Mn/DOT(ミネソタ州交通局)では、道路設計の〇割が3D-CADで作成。AMG/AMCを導入する施工企業に3D設計データの提供も

AMC: 排土板の高さ・勾配を設計面どおりに自動制御

AMG: 排土板の高さ・勾配と設計面との差をオペレータにガイド



TS（トータルステーション）とは？

EDM（光波距離計）



距離を測る

セオドライト



角度を測る

トータルステーション



距離と角度を測る

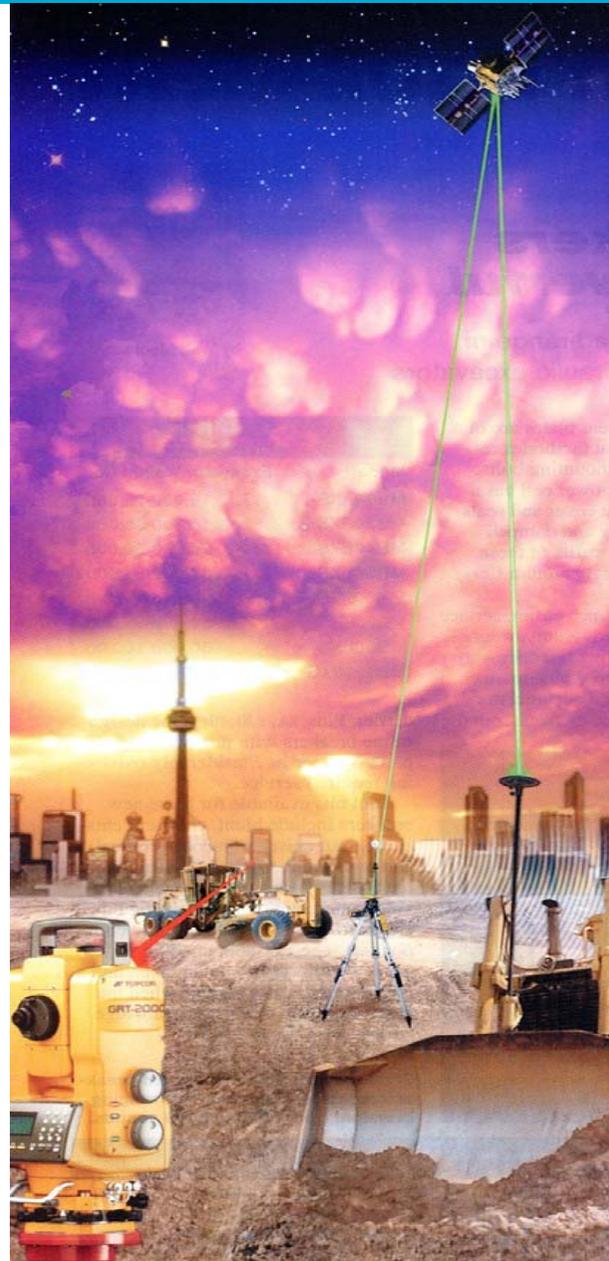
利用用途としては、工事計画、施工や、面積、地図作成など。
距離と角度が同時に測れることにより、座標が必要な作業が簡便になった。

LPS MC/MG (光学測量機器)

Local Positioning System

〈特徴〉

- 精密な測位
- 制御情報の伝達
- 測量機器としても活用
- 有効半径の制限
- 1対1制御
- 天候による使用制限

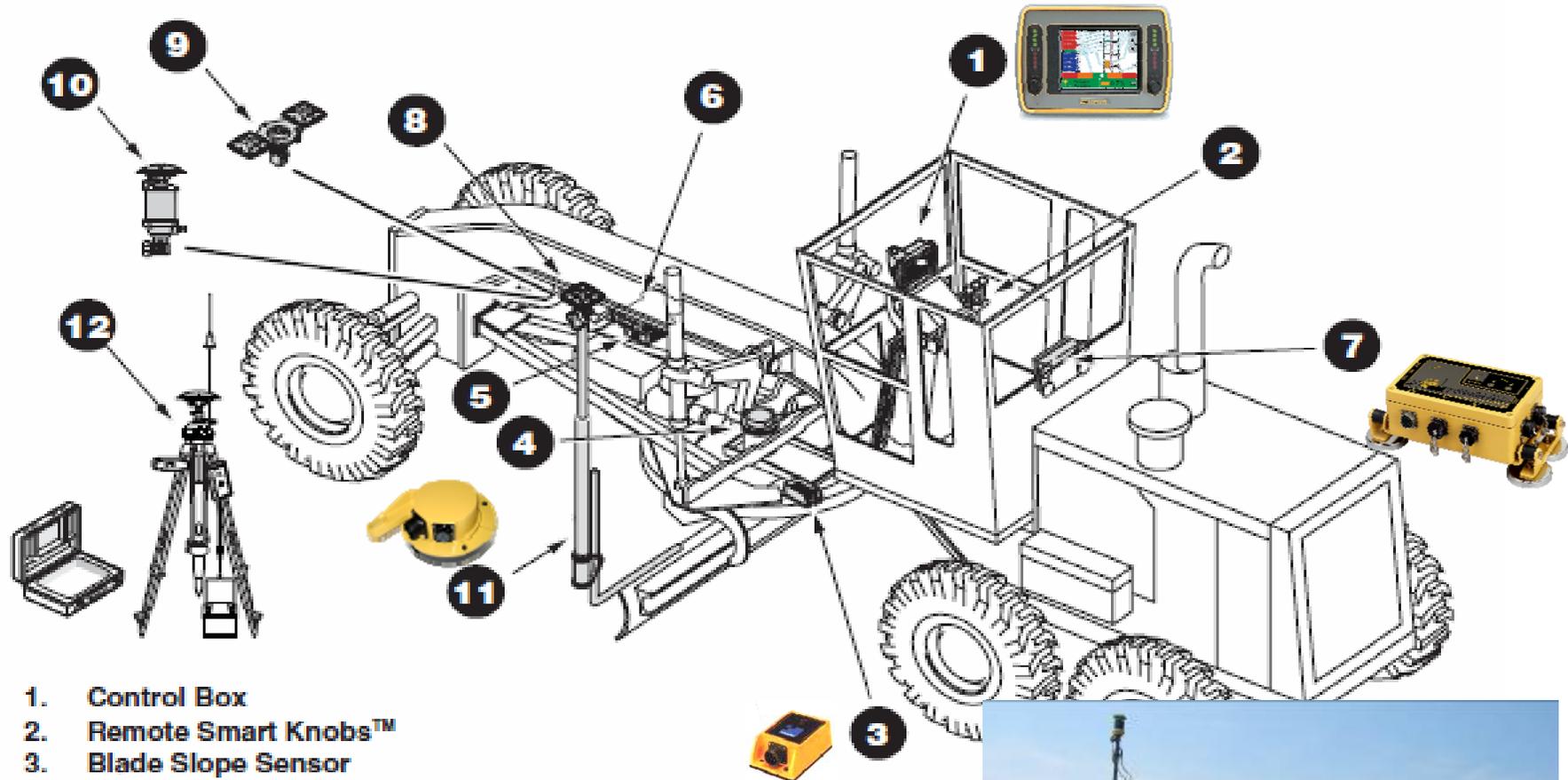


GNSS MC/MG (人工衛星)

Global Navigation Satellite System

〈特徴〉

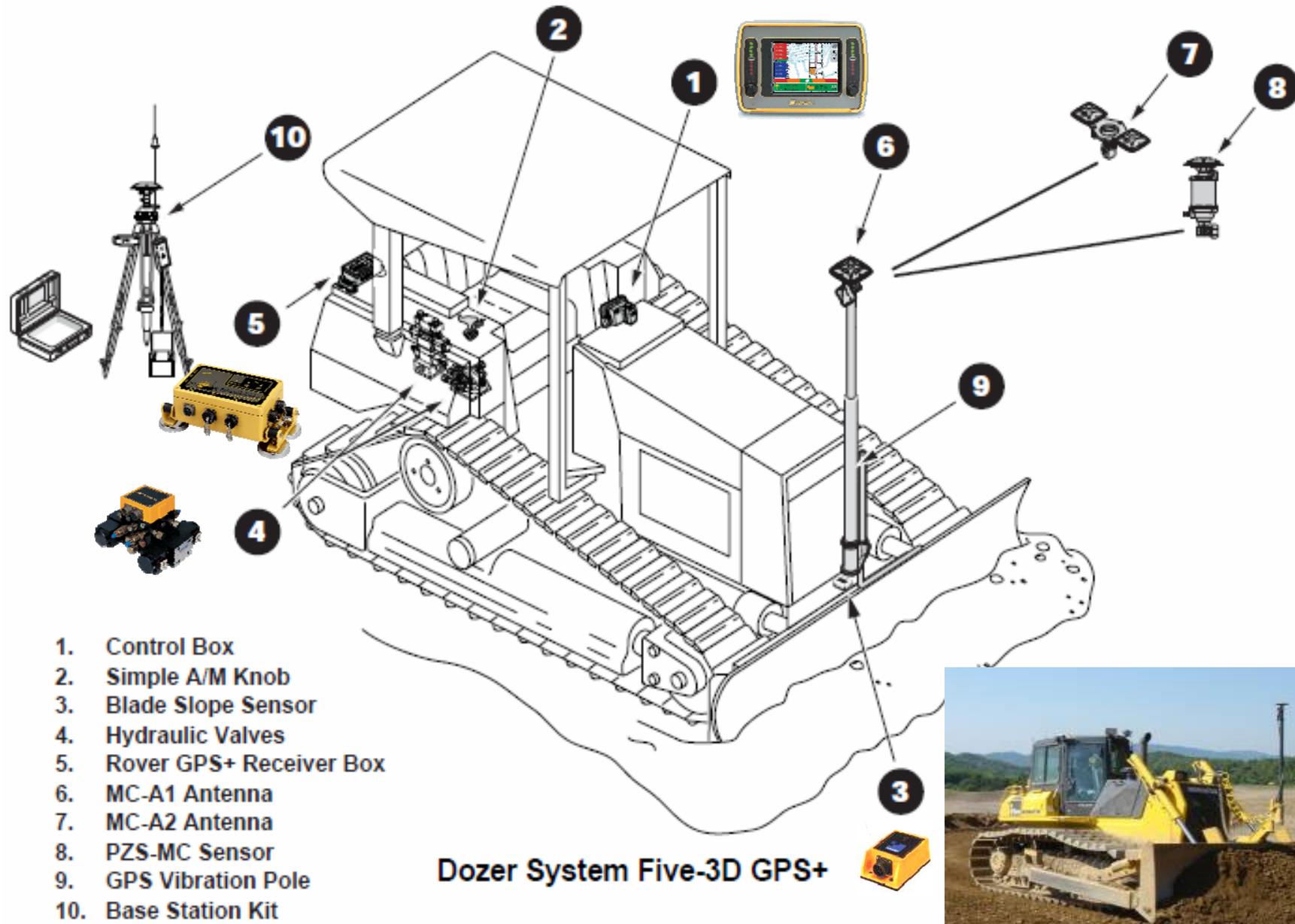
- 単独での測位
- 複数機器での運用
- 現場間のデータ共有
- 測量精度の限界
- 衛星状態による制限
- 外国衛星頼み
- **基地局の設置必要**

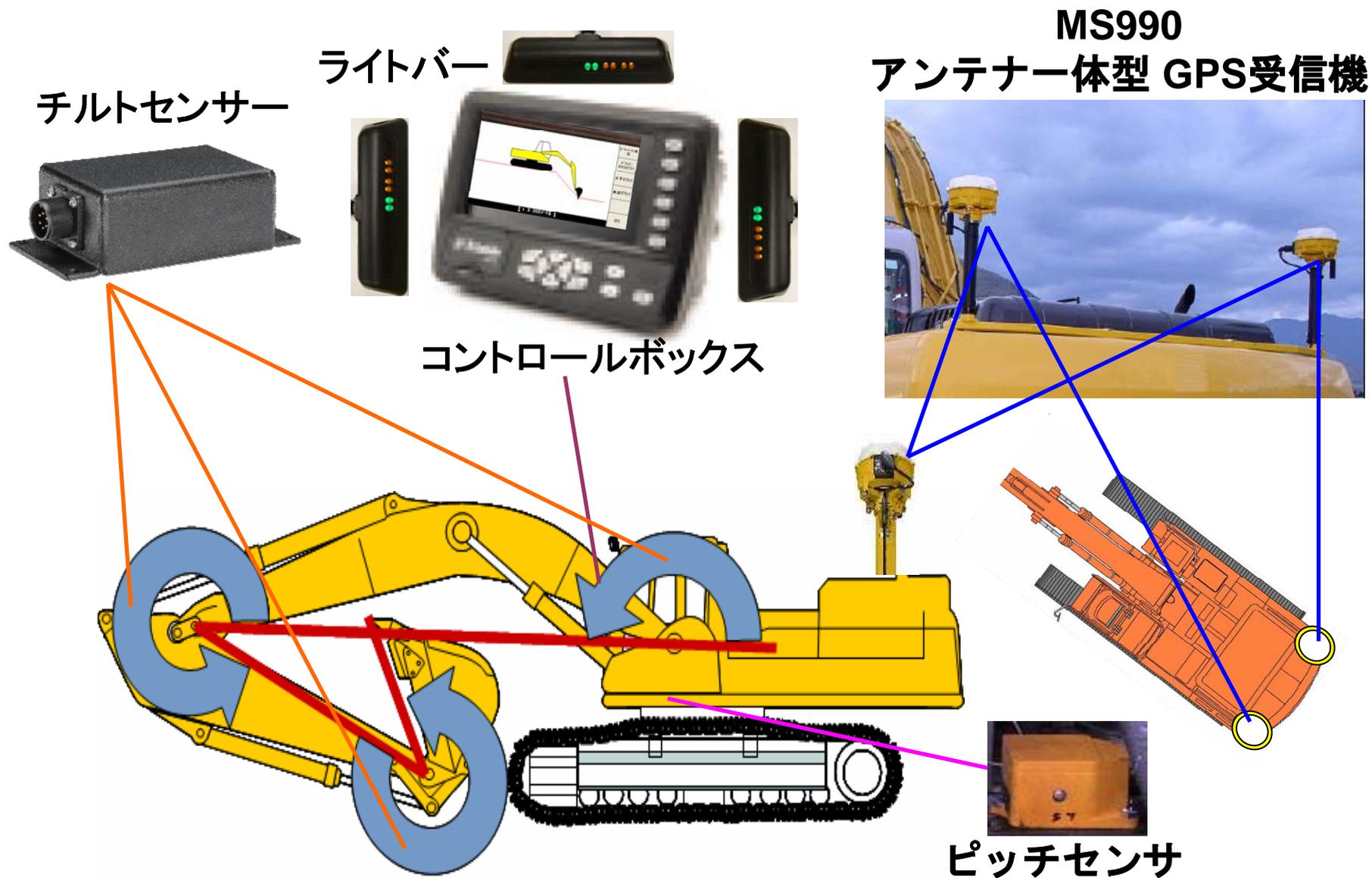


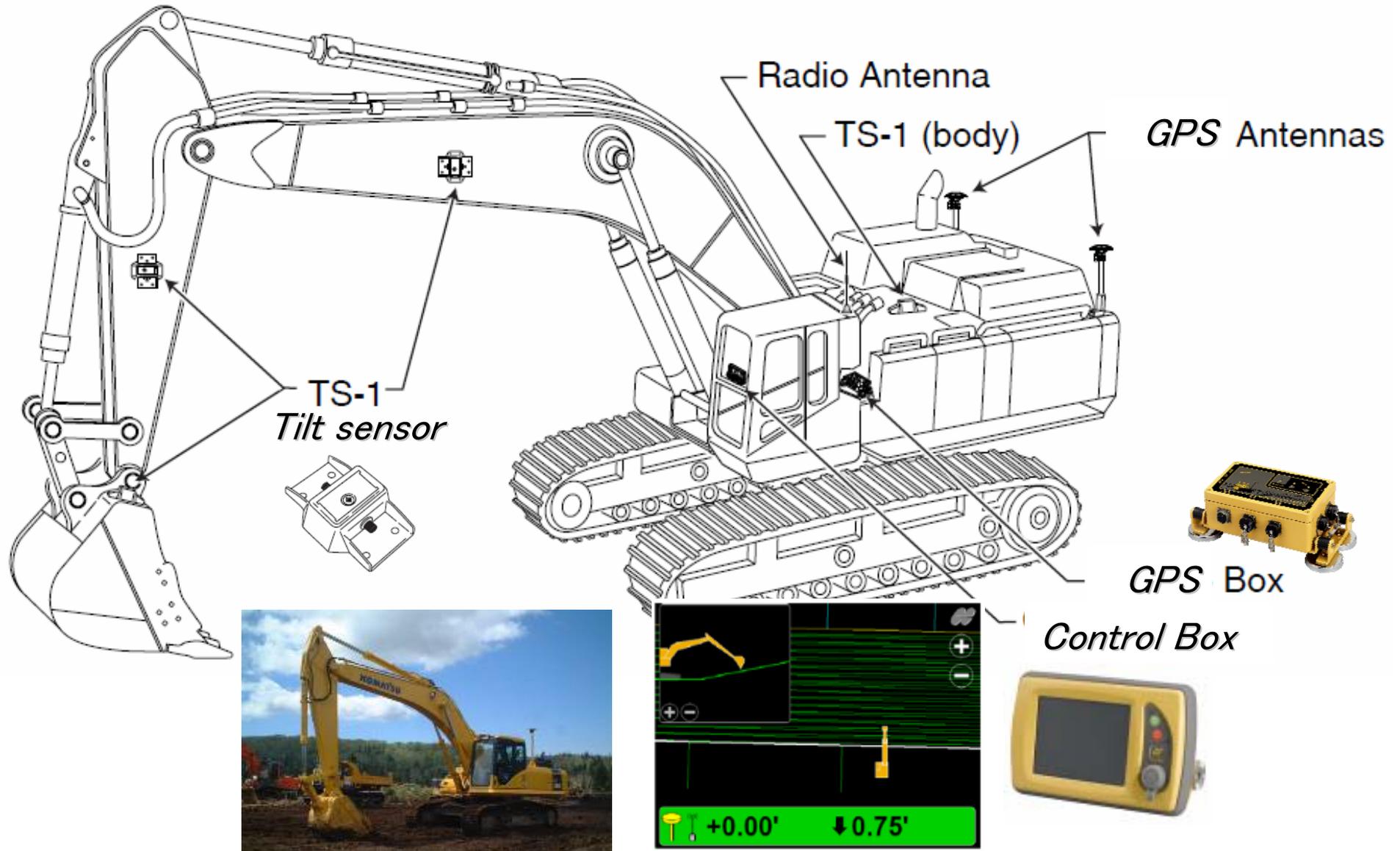
1. Control Box
2. Remote Smart Knobs™
3. Blade Slope Sensor
4. Rotation Sensor
5. Mainfall Sensor
6. Hydraulic Manifold Assembly
7. Rover GPS+ Receiver Box
8. MC-A1 Antenna
9. MC-A2 Antenna
10. PZS-MC Sensor
11. GPS Vibration Pole
12. Base Station Kit

Grader System

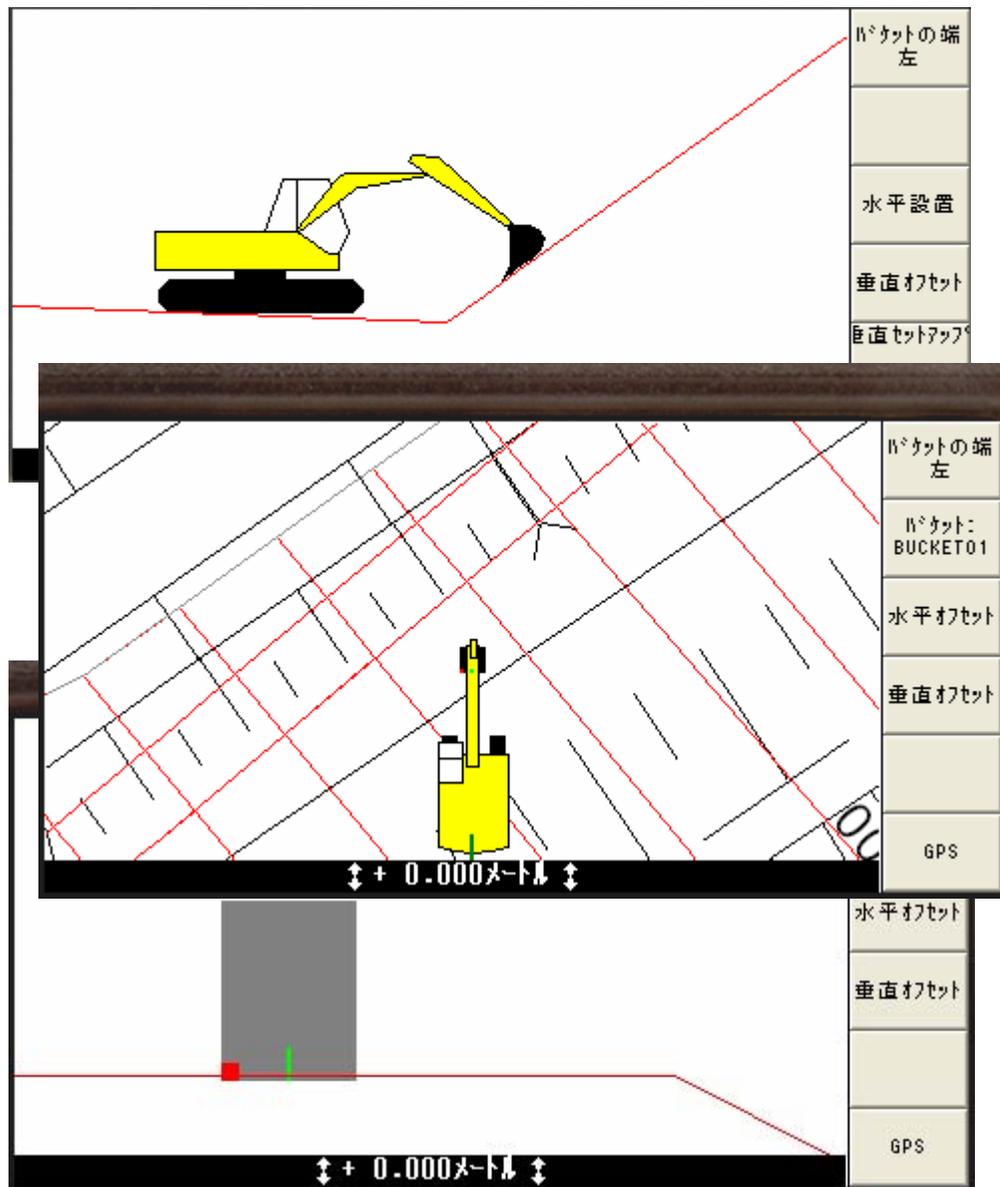








マシンガイダンス画面の例



バケットの端左
水平設置
垂直オフセット
垂直セットアップ

バケットの端左
バケット: BUCKET01
水平オフセット
垂直オフセット
GPS

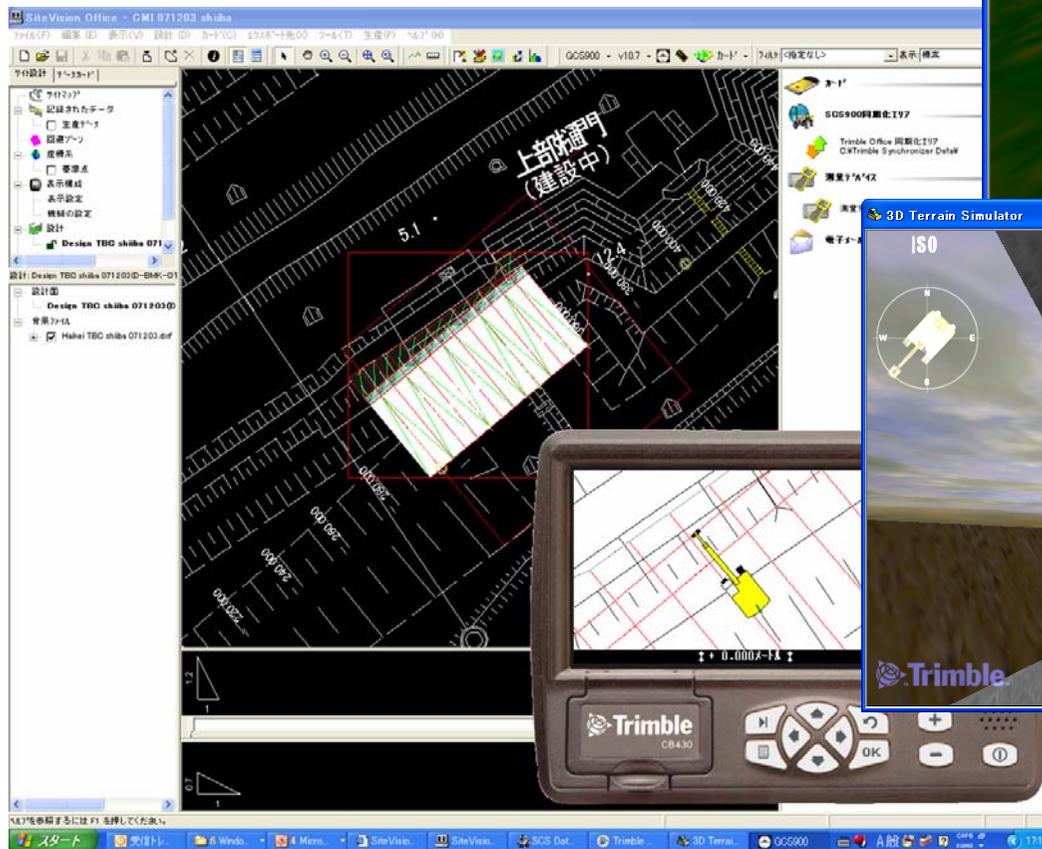
水平オフセット
垂直オフセット
GPS

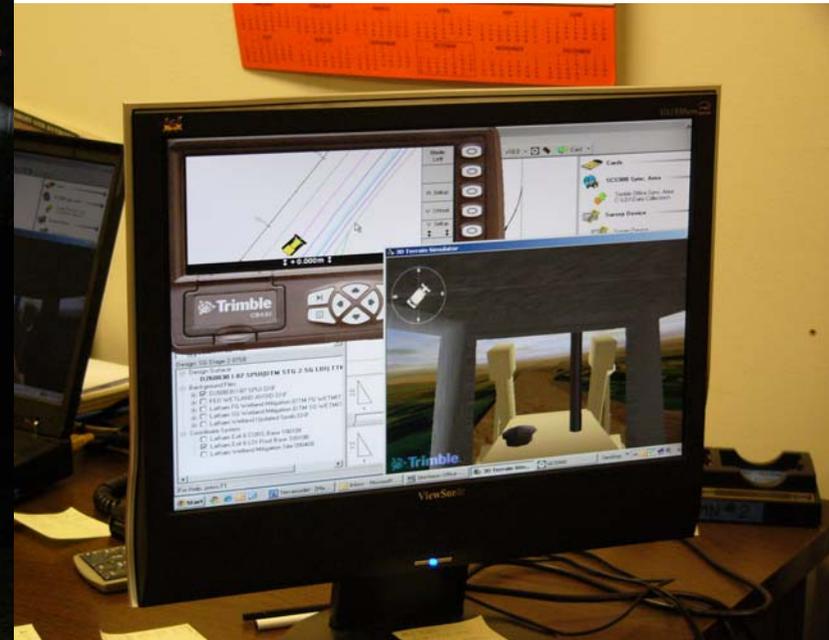
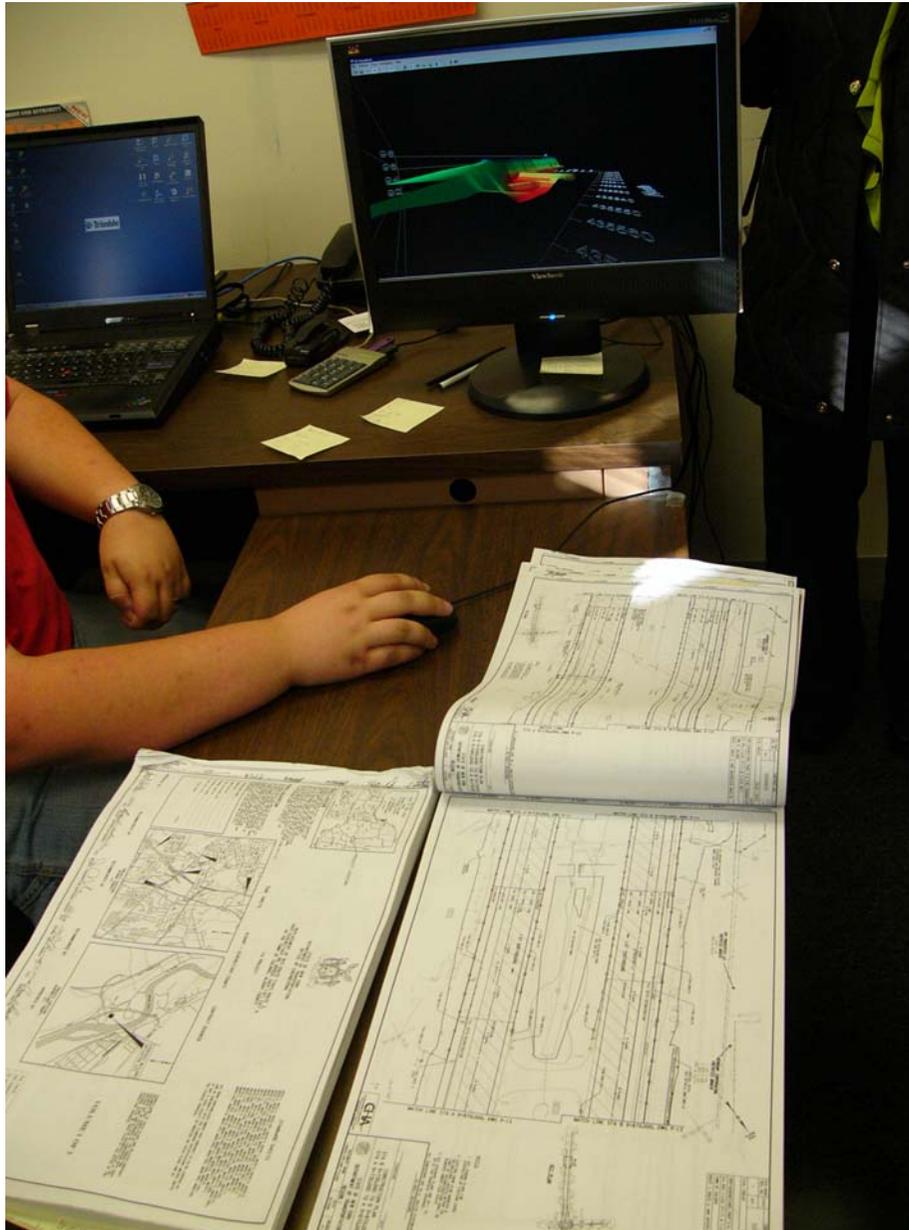
北距 (メートル)	-95692.22	バケットの端左
東距 (メートル)	-48587.35	バケット: BUCKET01
標高 (メートル)	11.16	水平オフセット
ステーション (メートル)	なし	垂直オフセット



左側の切土 (メートル)	▼ 0.16	バケットの端左
右側の切土 (メートル)	▼ 0.16	バケット: BUCKET01
設計標高 (メートル)	11.00	水平オフセット

Site Vision Office 三次元設計データ変換ソフト 重機シュミレーション確認

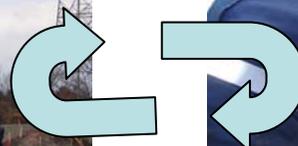




- 杭（丁張り）の削減
- 安定した施工品質の確保
- 人的作業ミスの削減
- 熟練不要
- 施工スピードの向上
- 材料（コスト）の削減
- 複雑な地形も簡単な地形と同じ時間で施工可能
- 夜間作業など視認性が悪い現場での作業性向上
- 安全性の向上（検測作業の減少による接触事故防止）
- 検査工程の削減







路盤整形→仮転圧の繰り返し

人と機械の近接作業

現行路盤整形作業時の確認作業

丁張りとの高低差を確認

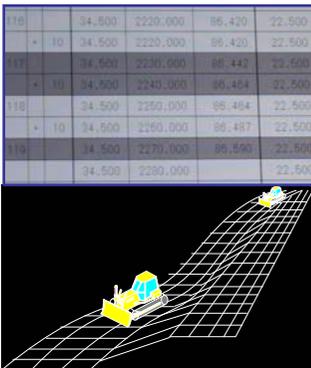
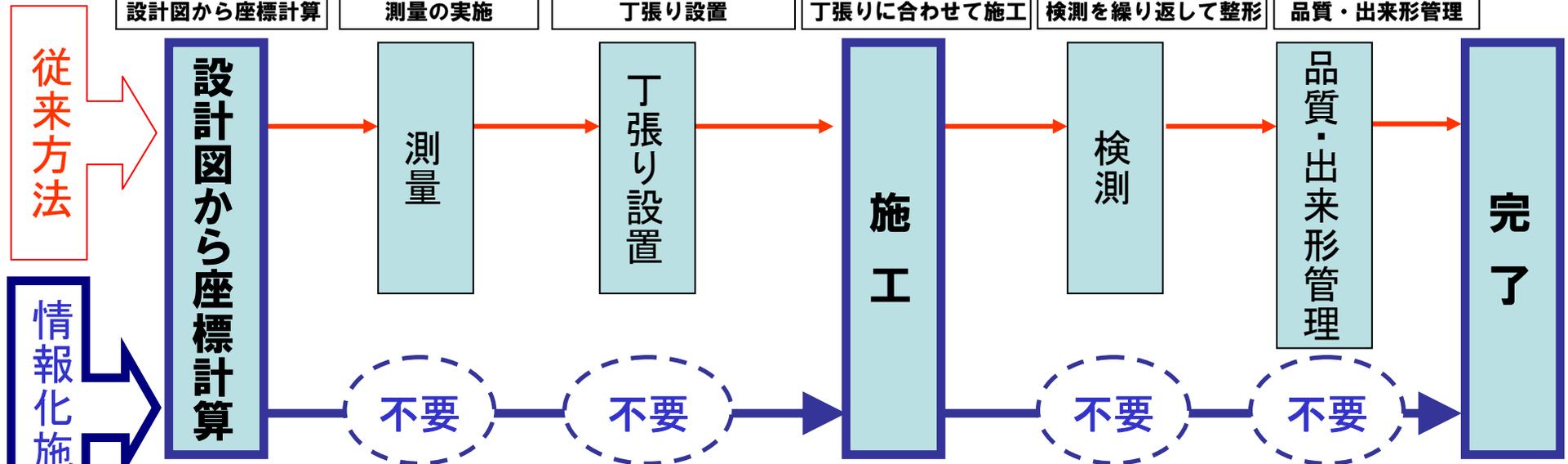
路盤の整形精度が表面の平坦性に影響

平坦な路盤はアスファルト合材の節約につながる

高効率・高精度な施工が実現するしくみ(AMCの例)



設計図から座標計算 測量の実施 丁張り設置 丁張りに合わせて施工 検測を繰り返して整形 品質・出来形管理



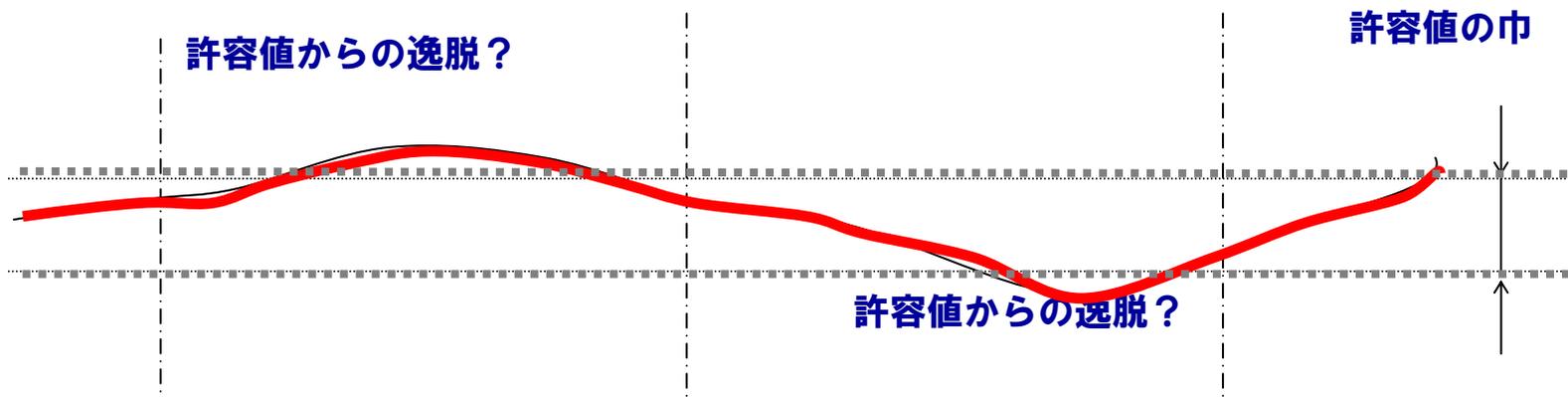
排土板の自動制御で
往復回数も減少！



指定検測位置

検測位置

指定検測位置

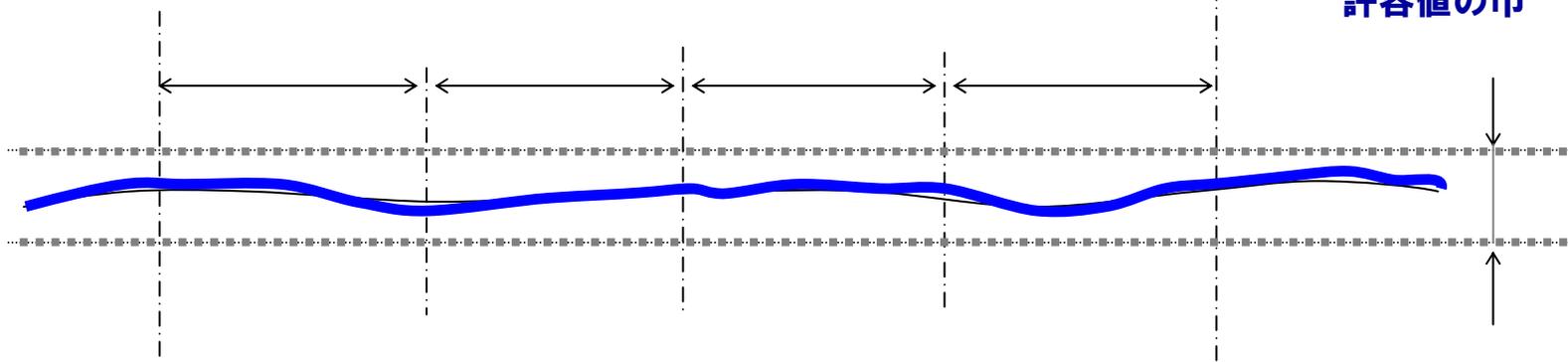


従来の仕上り面と許容値の関係

指定検測位置

制御データピッチ

指定検測位置



3D-MCによる仕上り面と許容値の関係



河川土工の堤防盛土工事

- 切り出し位置の確認が容易
- 法勾配の丁張りが不要
- 検測作業の削減により作業効率や安全性の向上
- 設計変更にも迅速に対応可能



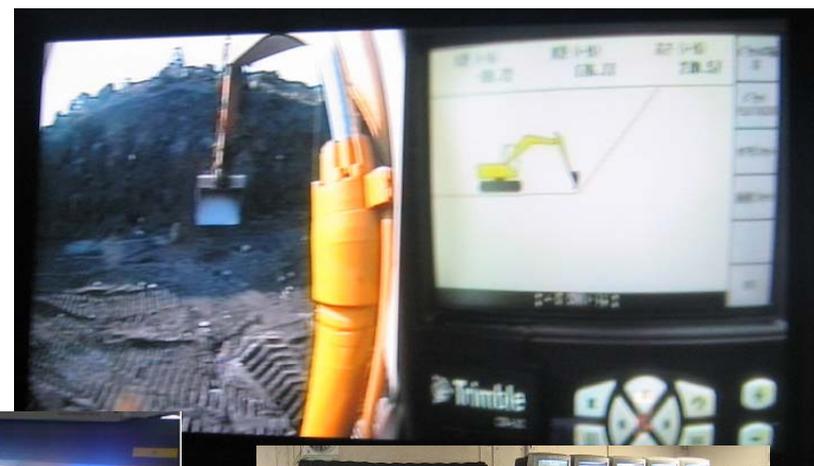
浚渫工事

- 目視出来ない作業でもバケットの状態をリアルタイムにかつ正確に把握
- 設計通りの浚渫作業可能
- 耐水、耐振動により破碎アタッチメントでの作業も可能



無人化施工工事

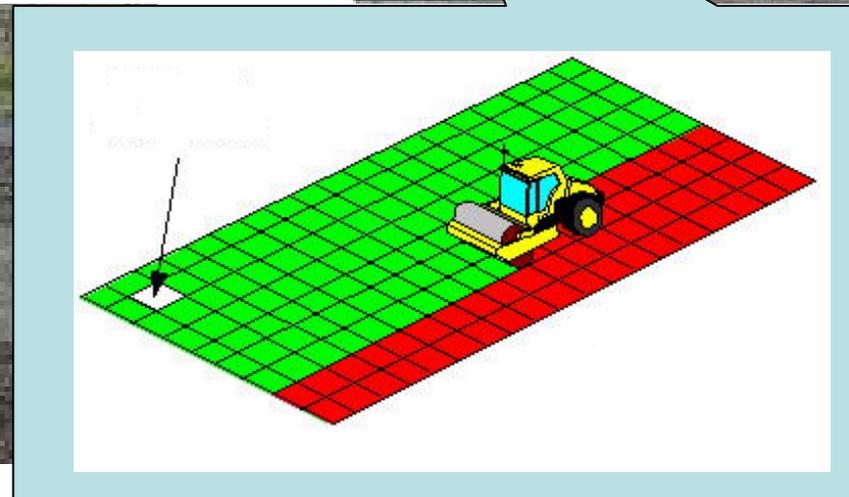
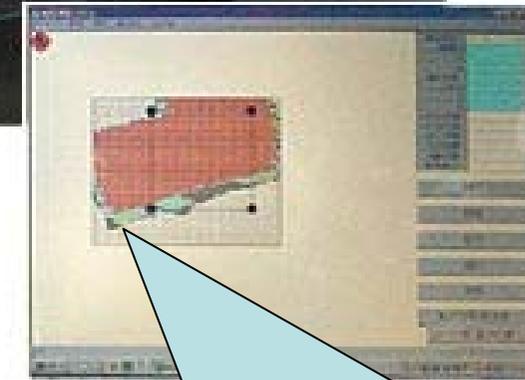
- ・コントロールボックスの画面を遠隔操作室のモニターに表示し、リモコンで作業
- ・品質・出来形管理の精度の向上



TS・GPSによる盛土締固め管理

締固め管理方法の一つとして利用可能
03年に国土交通省より管理要領（案）を公表

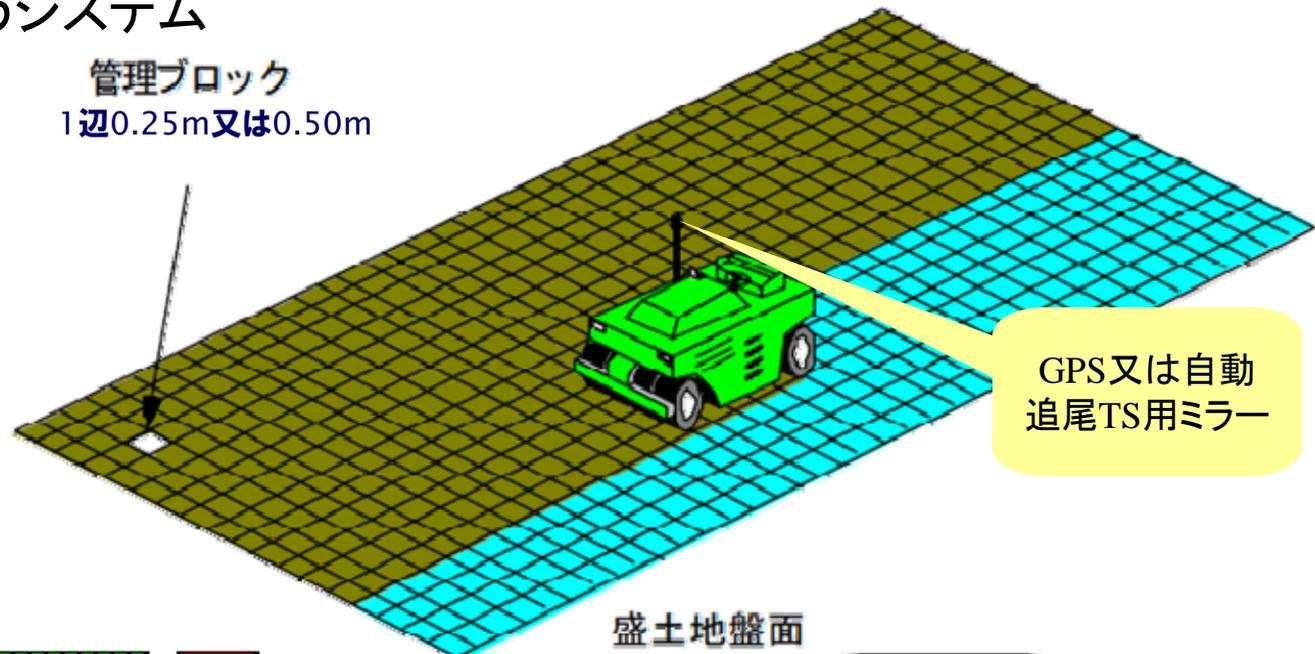
回数管理により、現場での密度計測不要
点的な管理から面的な品質管理へ



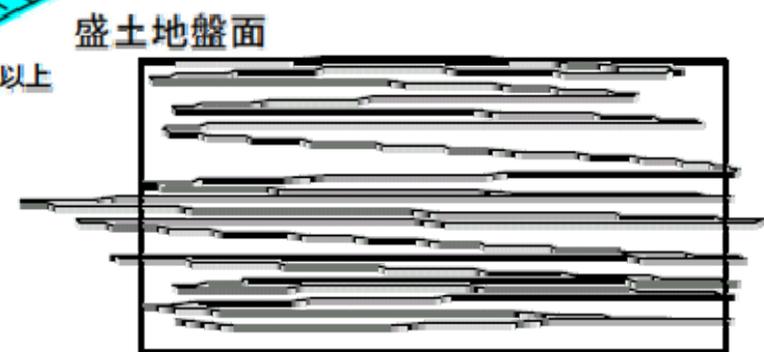
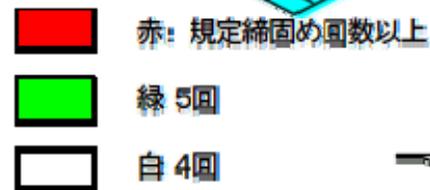
転圧ローラーの位置を計測し、転圧した回数を管理することにより
面的に品質管理を行うシステム



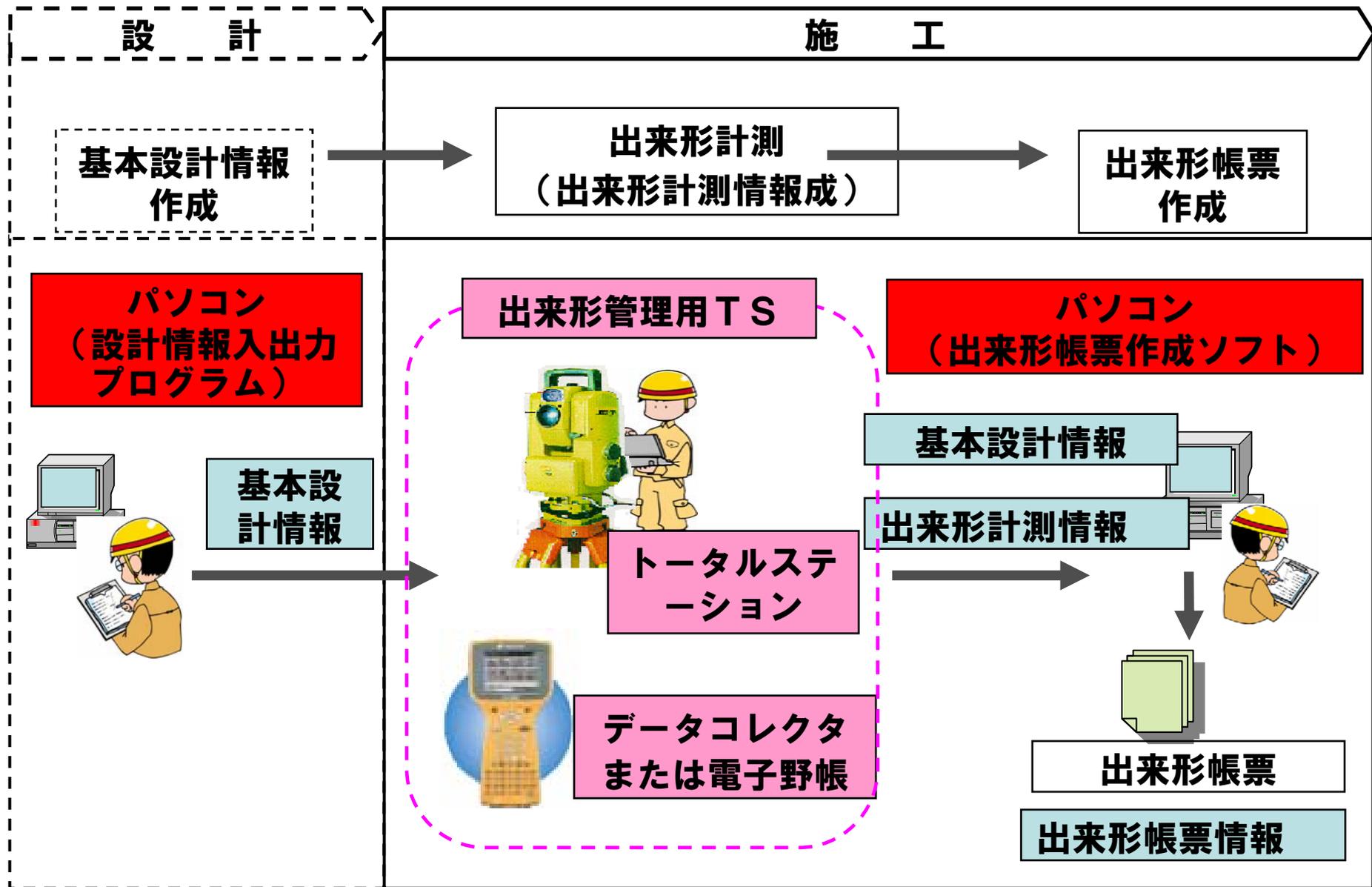
管理ブロック
1辺0.25m又は0.50m



締固め回数分布図



走行軌跡図



従来方法との比較



(産学官)

情報化施工推進会議

【委員長: 建山和由(立命館大学)】

(官主体)

基準・制度WG

【主査: 岩立忠夫(国土交通省)】

道路土工(盛土)

舗装工

河川土工(築堤)

ダム(堤体工)

各基準類
策定団体
等と連携
を図る。

連携

(社)日本建設機械化協会 情報化施工委員会

規格検討WG

連携

情報化施工に
関するISO委員会
(TC127SC3WG5)

(産主体)

建設機械WG

連携

ICT施工研修会WG

【主査: 福川光男((社)日本建設機械化協会情報化施工委員長)】

建設施工を取り巻く課題

情報化施工により期待できる効果

生産効率の向上



効率的な施工(工期短縮・省エネルギー化)

熟練技術者・技能者の不足
(人口減少・小中高高齢化への対応)



熟練オペレータと同等以上の施工精度
(自動制御)

発注環境の変化と品質確認
の重要性の高まり



確実な品質チェック(施工データの活用)

施工現場の安全確保



建設機械の事故の減少

地球温暖化問題



燃料や資材の使用量を削減(精密施工)

国内外における競争

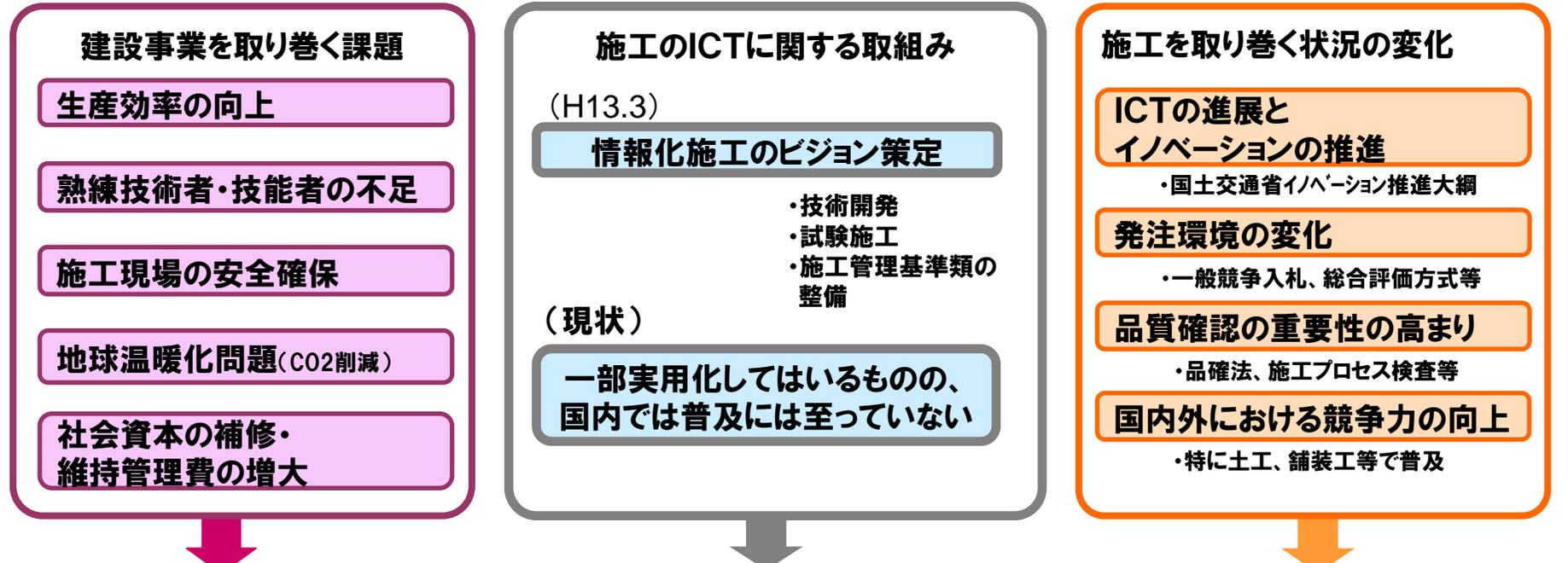


技術競争力の強化(品質向上・工期短縮)

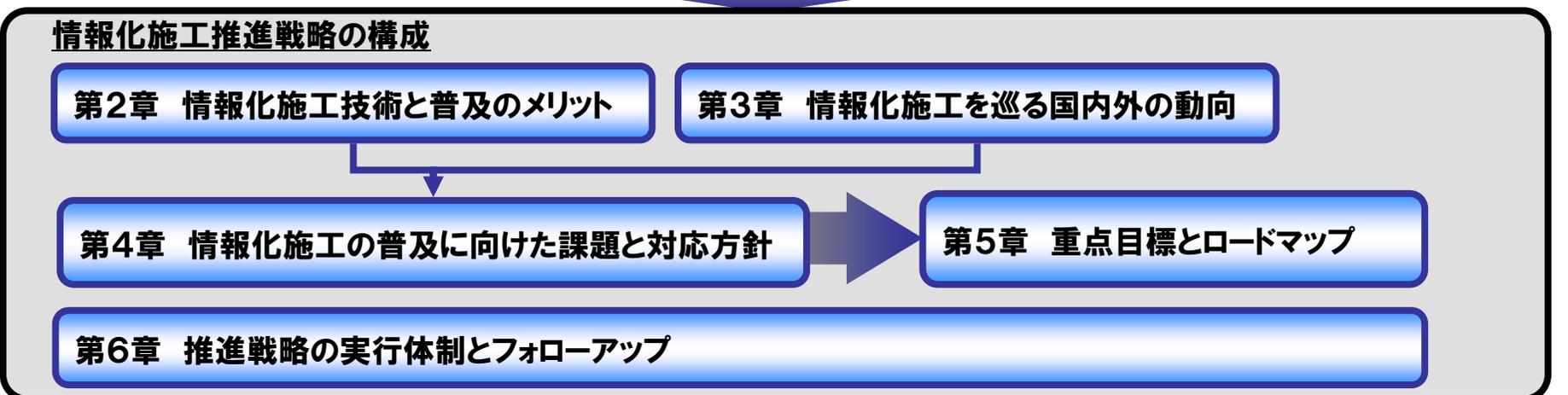
社会資本の補修・維持管理費
の増大



カルテに基づく管理(施工データの活用)



建設施工のイノベーションを実現する情報化施工の戦略的な普及方策が必要



<業界ヒアリング>

● 施工環境に関する理由

- ・ 施工規模が小さく、導入コストに見合わない
- ・ 工期短縮・品質向上が施工業者の直接的なメリットにつながらない（海外では報奨金制度等あり）
- ・ 従来方法でも施工が可能のため、導入意欲につながらない
- ・ 情報化施工の効果が広く浸透していない

● 業界環境に関する理由

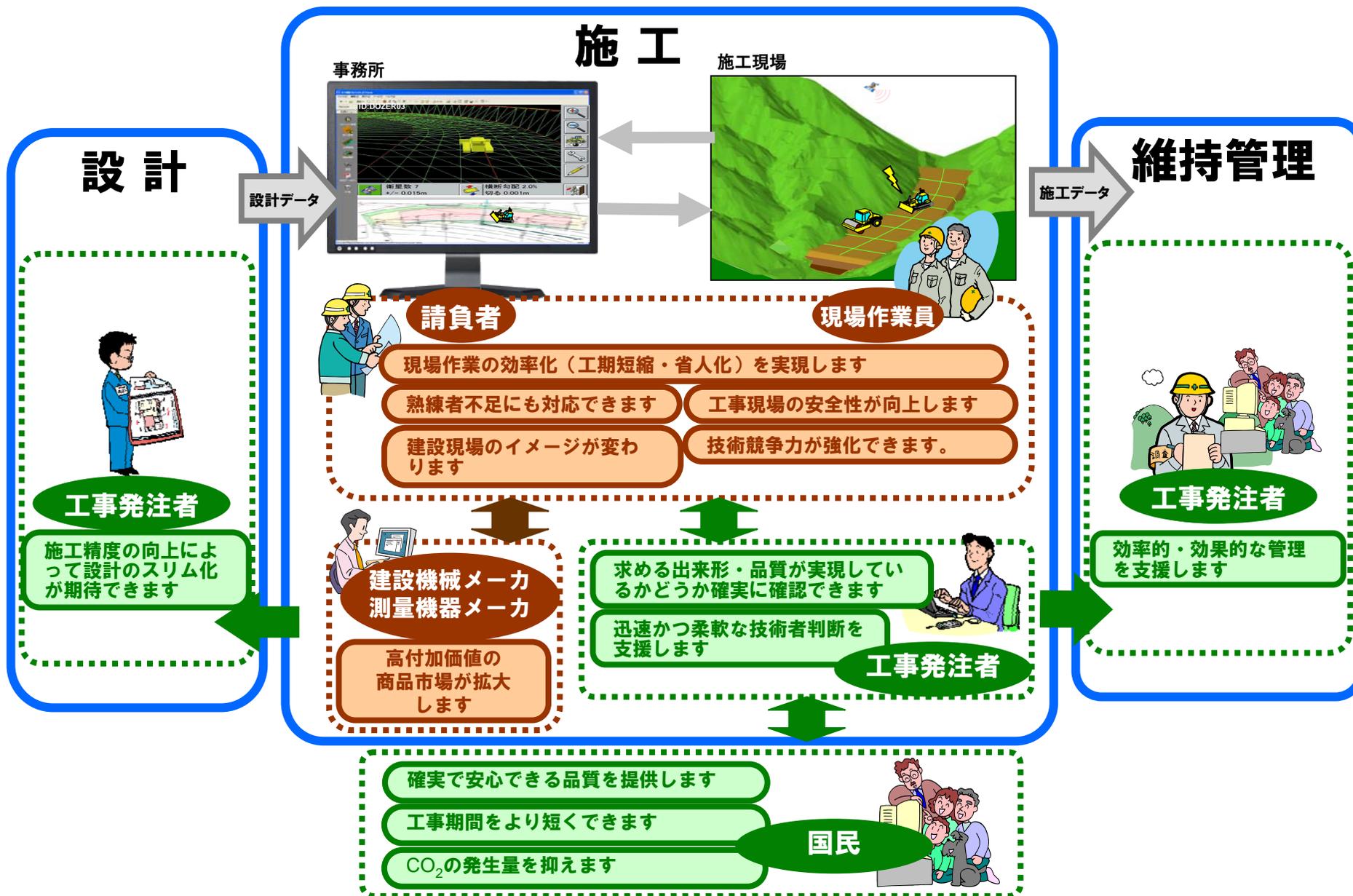
- ・ ゼネコン(元請)は建設機械を直接保有していないため導入意欲につながらない
- ・ 専門工事業者(下請)は最新機器を導入して効率を上げてても利益が増えない

● 発注環境に関する理由

- ・ 性能発注が浸透していないため、施工管理を合理化しても監督・検査は従来どおり
- ・ 測量・設計の3次元データ化が進んでおらず、測量・設計データがそのまま施工に使えない

● 機材に関する理由

- ・ イニシャルコストが高い(例:グレーダの情報化施工機器として+約10~15百万円)
- ・ レンタルの建設機械に搭載されないと活用が広がらない
- ・ 情報化施工機器を扱える技術者が不足



国土交通省における関連施策

ア 情報化施工のビジョン－21世紀の建設現場を支える情報化施工－（2001）

情報化施工の実現に向けた提言がとりまとめられ、各種の試行工事が展開。

■事例1：TS・GPSを用いた盛土の情報化施工締固め管理要領（案）

■事例2：施工管理データを搭載したTSを用いた出来形管理要領（案）

イ ICTが変える、私たちの暮らし～国土交通分野イノベーション推進大綱～（2007）

国土交通分野の将来像と今後の戦略、「社会資本整備・管理の効率化・生産性の向上」観点から情報化を推進等

ウ 国土交通省CALS／ECアクションプログラム

施工における設計情報の活用や維持管理への施工情報の提供等

国内の導入事例

ア ロボット等によるIT施工システムの開発（2003～2007）

ITとロボット技術を活用した油圧ショベル等の開発

イ 建設技術研究開発助成制度（2008）

「建設生産システムの生産性向上に関する技術開発」等

推進計画(米国)

ア Intelligent Compaction Strategic Plan (FHWA:2005)

- 振動ローラの振動自動制御による品質の向上と管理を推進
- ばらつきの評価方法とAASHTOにおける標準的な施工手順としての登録(~08.5)
- 土、粒状路盤、As、コンクリートについてAASHTOの施工仕様書として完成(~09.5)

イ Autometed Machine Guidanceの普及プロジェクト (AASHTO:2007)

- 広報、技術指導、教育体制の確立、地形データ・設計データの有効活用や標準策定 等

海外の導入事例

米国

- グレーダの約3割、ブルドーザの約1割がマシンコントロール可能

※年間販売台数に対する割合

欧州その他

- 東欧 : EU新規加入諸国で大規模プロジェクトが増加
- 北欧 : 極夜などの厳しい環境条件
- フランスやドイツ : 従来の点的な施工管理から面的な施工管理の導入
- アルジェリア : 日本企業連合が総合評価方式の国際競争で受注

工事発注者

① 施工管理手法および監督・検査の情報化施工への対応

- 課題 1 施工管理要領やマニュアルの整備
- 課題 2 情報化施工に対応した新たな施工管理手法及び規格値
- 課題 3 施工管理、監督・検査の合理化
- 課題 4 監督・検査体制の検討

② 施工管理データの受発注者間の共有

- 課題 5 発注者にとって有用な施工管理データの考え方の検討
- 課題 6 受発注者間での共有データの取り扱いルールの構築

③ 総合評価方式における技術提案に対する適正な評価

- 課題 7 各種の情報化施工技術の品質・コスト評価
- 課題 8 情報化施工に適した条件の整理
- 課題 9 施工効率（生産性）の評価

④ 情報化施工を前提とした設計基準の見直し

- 課題 10 新たな土の締固め基準の研究
- 課題 11 施工精度の向上による新たな舗装基準の研究
- 課題 12 ダム施工における施工余裕率低減に関する研究

⑤ 情報化施工に必要な3次元データ作成における設計業務との連携

- 課題 13 建設機械への入力用設計データ作成の合理化

⑥ 施工データの有効活用

- 課題 14 出来高部分払いへの応用
- 課題 15 道路土工と舗装工の出来形データの連携
- 課題 16 施工データの維持管理への活用方策の調査・研究

施工企業等

① 分かりやすい技術情報の提供

- 課題 1 7 技術情報の収集・整理
- 課題 1 8 海外事例の調査
- 課題 1 9 用語の定義・統一

② ハード・ソフトの普及促進

- 課題 2 0 情報化施工に対する建設機械の普及促進
- 課題 2 1 ユーザが容易に調達できる環境の整備

共通

① 技術者の育成

- 課題 2 2 研修内容の整理
- 課題 2 3 研修体制の確立
- 課題 2 4 資格制度の創設に向けた検討

② 標準化の推進

- 課題 2 5 標準化（国際規格、国内規格、業界規格）の推進
- 課題 2 6 データ交換標準の運用体制の整備

③ 普及のための情報発信

- 課題 2 7 情報発信の強化
- 課題 2 8 情報化施工の導入現場の公開

① 情報化施工の普及に関する重点目標

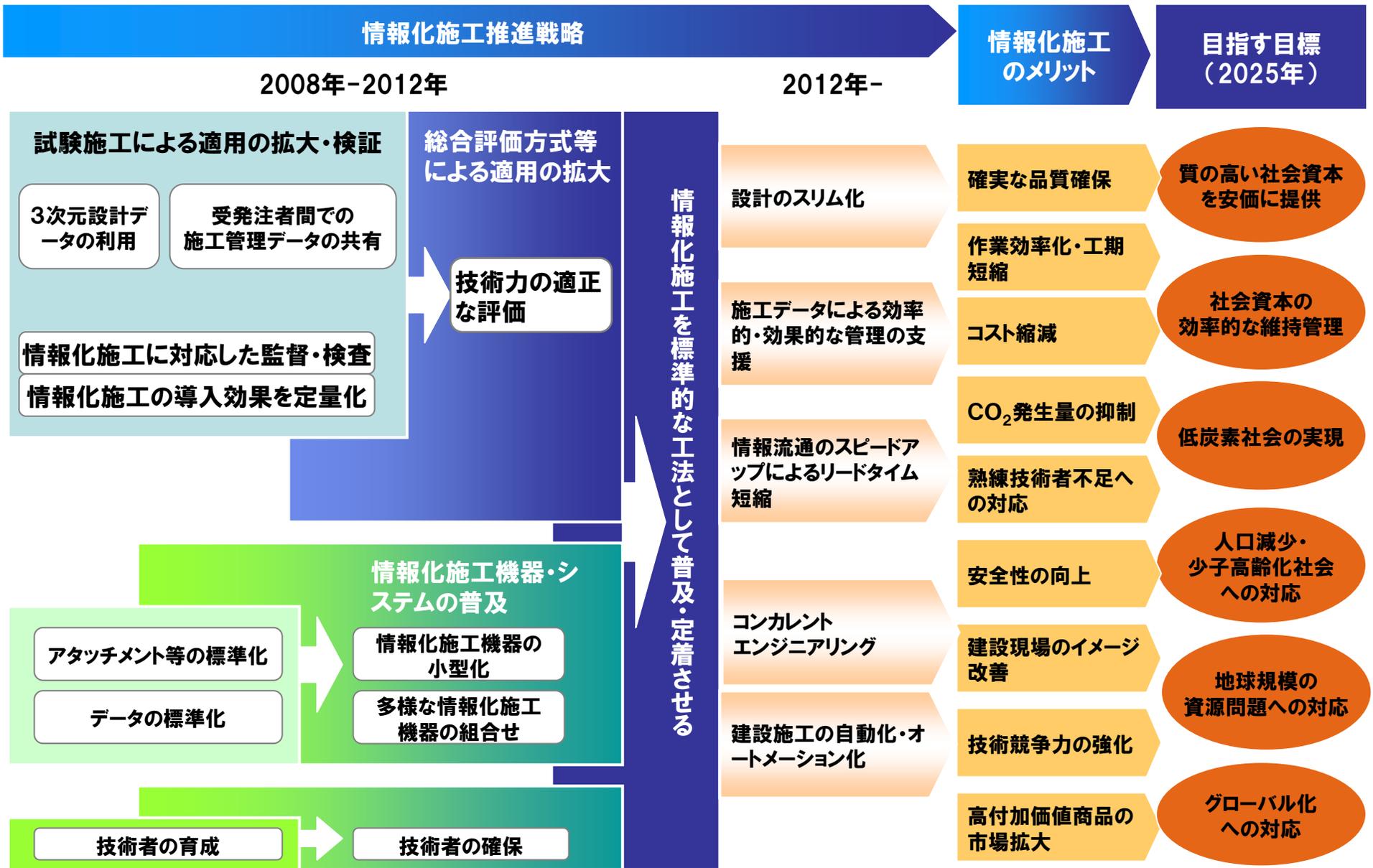
直轄の道路土工、舗装工、河川土工の各工事について、大規模の工事では2010年度までに、中・小規模の工事では2012年度までに、情報化施工を標準的な施工・施工管理方法として位置づける。

② 機器・システムの普及に関する重点目標

情報化施工機器を容易に装着できるオプション設定機種を拡大する。さらに、重点目標①の実現のために必要となる情報化施工機器を搭載した建設機械(ブルドーザ、グレーダ、油圧ショベル)の普及を図る。

③ 人材育成に関する重点目標

重点目標①の実現のために必要となる情報化施工機器・システムに対応できる人材を育成する。(2012年度までに1,000人以上)



- 情報化施工は建設の生産革命
- CALS／ECと連携し、施工プロセス全体の情報共有・利活用へ
- 普及に向けた取り組みを進行中
 - － ルールを変える
 - － ツールを増やす
 - － 技術者を育てる