

シム CIM 導入にあたっての3次元モデルの利活用

エンジニアリング本部 防災・環境解析部 情報システム課

竹重 和馬

1. はじめに

現在、国土交通省においては、建築分野で進むBIM (Building Information Modeling) に対し、土木分野ではシム (Construction Information Modeling) と捉え、導入を推進している。「調査」、「設計」、「施工」、「維持管理」の一連の過程における属性情報の統合・融合によって、施工段階における品質や施工性の向上、維持管理段階における管理の高度化といった新しい建設管理システムの構築を試みている。

2. CIMとは

冒頭にも触れたとおり、シムとは Construction Information Modeling の略であり、BIMを土木分野まで展開した考え方である。

建設生産システムの基軸を従来の2次元モデルから3次元モデルへ拡張し、「調査」、「設計」、「施工」、「維持管理」にいたるまで一連のワークフローを効率化するシステムである。

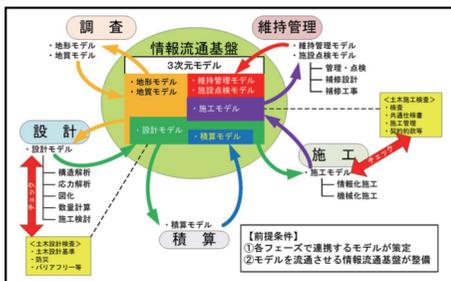


図1 シム CIM概念図

建通新聞に掲載されたシムの現在の動向の概要を表1に示す。

表1 国土交通省におけるCIMの動向 (2012年7月10日)

No	内容
①	2012年度内に各地方整備局ごとに1事業を試行する。
②	多様なデータを盛り込んだフルスペック型による「先導モデル事業」と一定範囲での効果を検証する「一般モデル事業」の2型式での試行を検討する。
③	国土交通省内においても基準や制度の見直しに向けた検討組織を8月に立ち上げ、シムCIM導入に向けた体制を整える。
④	試行する業務は、官房官庁営繕部などが発注したBIMの委託方法も参考にし、設計業務から試行に入る見込みである。

表2 国土交通省におけるシムCIMの動向 (2012年8月9日)

No	内容
①	3次元オブジェクトを活用した建設生産システムの構築に向けて「BIM・シム導入検討会(仮称)」を新設する。
②	BIMやシムCIMを導入していくための技術的課題を検討し、基準類(指針など)の見直しにつなげていく。

3. 情報流通基盤となる3次元モデル

図1のCIM概念図をみると、情報流通基盤となっているモデルが3次元モデルである。

3次元モデルの定義は、空間的に立体視でき、X 座標、Y 座標、Z 座標それぞれの座標を全て持っているものとする。

属性情報は2次元モデルならびに3次元モデルともに付与することができる。しかし、2次元モデルにおいては平面図、立面図等、関連図面全てにそれぞれ属性情報を付与しなければならない。

それに対して、3次元モデルでは部材そのものに属性を直接付与するため、2次元モデルに比べ、属性情報入力の手間が少なく、ミスの可能性を低く抑える事が出来る。

また3次元モデルを構築することにより鉄筋干渉具合も把握することができる(詳細は後述する)。



図2 3次元モデルの拡張性と付与属性

3次元モデルを基軸として、さまざまな属性軸(属性情報)を付加することにより、図2に示すような工程管理、積算(数量算出)、シミュレーション、安全性評価などの実施が可能となる。

4. 3次元モデル例

情報流通基盤となる3次元モデルの一例を紹介する。

<情報流通基盤(調査)>

○点群モデル

点群モデルは、レーザー測量で得られたポイントデータを3次元化された、情報流通基盤モデル(図1参照)の地形モデルに該当する。

点群による地形モデル例を図3に示す。

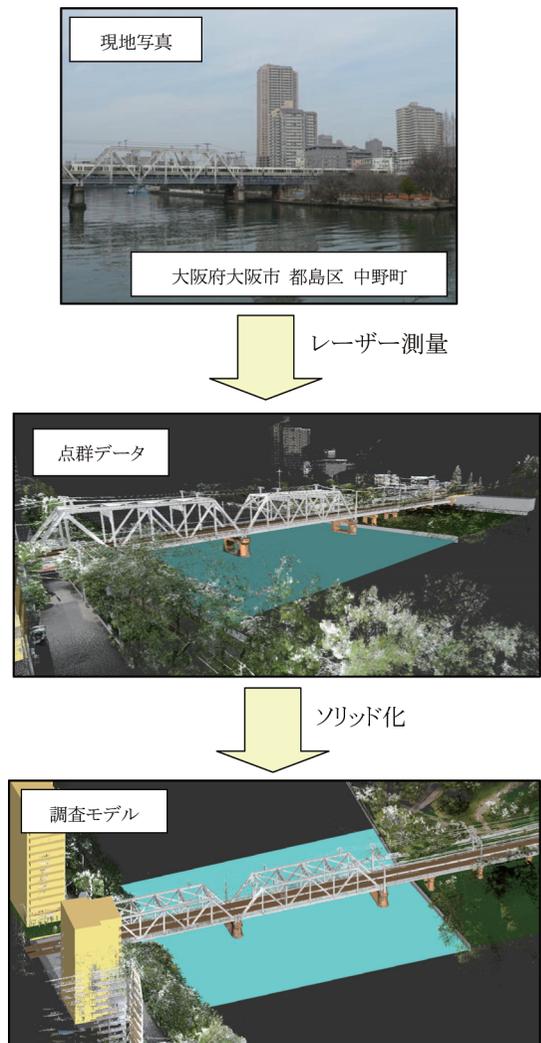


図3 点群の3Dモデリング

レーザー測量とは、レーザー光の反射を利用し、対象物(地形や構造物)を認識してスキャニングする測量技術である。

レーザー測量状況を図4に示す。



図4 レーザー測量状況

○地形モデル

地形モデルとは、標高メッシュデータ等を3次元化し、情報流通基盤モデル(図1参照)の地形モデルに該当する。

基盤地図情報を用いた地形モデル例を図5に示す



サーフェス化



※国土地理院 基盤地図情報(10mメッシュ(標高))使用
※AutoCad Civil3D使用

図5 地形の3Dモデリング

<情報流通基盤(設計)>

○設計モデル

設計モデルとは、対象物(地形や構造物)を3次元化し、属性情報を付与することによりコンクリートボリュームや鉄筋数量といった設計数量算出や各部材の取り合い、納まりを事前に確認するモデルのことを指す。

3次元設計モデルを図7、場所打ち杭の属性情報を図8に示す。

(図6は寸法表示のため参考)

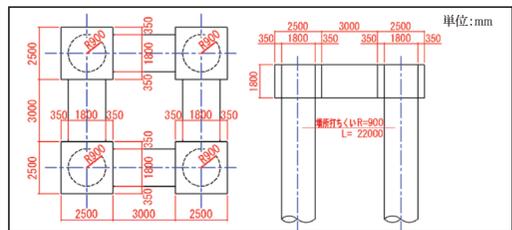


図6 平面図および立面図

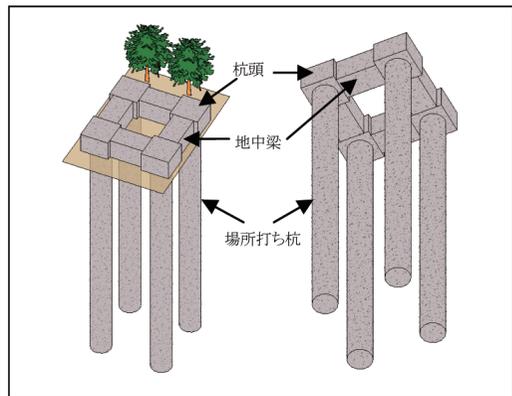


図7 3次元設計モデル(基礎部分)

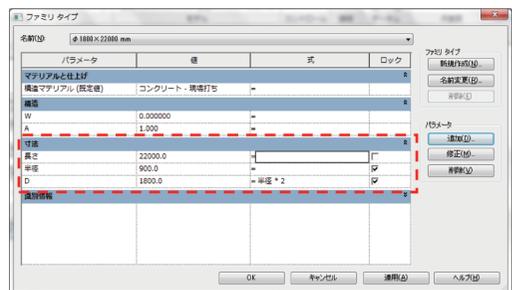


図8 属性情報(場所打ち杭)

図8の3次元設計モデルから算出した設計数量（コンクリートボリューム、鉄筋数量）を表3および表4に示す。

表3、表4から各部材における設計数量がそれぞれ算出されていることが分かる。これらの数量を使用することにより概算工事費を算出することができる。

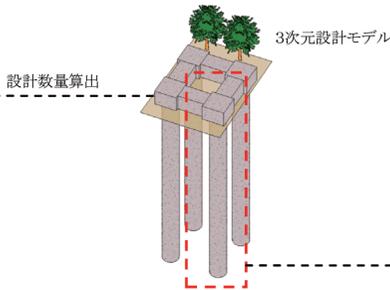


表3 設計数量算出結果（コンクリートボリューム）

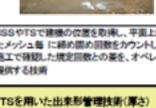
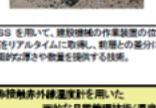
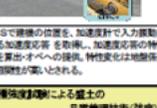
個数	体積
02.1 基礎コンクリート	1034.00
02.2 1階柱	340.00
02.3 2階柱	248.00
02.4 3階柱	814.00
02.5 4階柱	525.00
02.6 5階柱	324.00
02.7 6階柱	285.00
02.8 7階柱	698.00
02.9 8階柱	1734.00
02.10 9階柱	578.00
02.11 10階柱	837.00
02.12 11階柱	144.00
02.13 12階柱	154.00
02.14 13階柱	191.00
02.15 14階柱	154.00
02.16 15階柱	165.00
02.17 16階柱	520.00
02.18 17階柱	440.00
02.19 18階柱	640.00
02.20 19階柱	520.00
02.21 20階柱	640.00
02.22 21階柱	578.00
02.23 22階柱	520.00
02.24 23階柱	440.00
02.25 24階柱	520.00
02.26 25階柱	640.00
02.27 26階柱	578.00
02.28 27階柱	520.00
02.29 28階柱	640.00
02.30 29階柱	578.00
02.31 30階柱	520.00
02.32 31階柱	640.00
02.33 32階柱	578.00
02.34 33階柱	520.00
02.35 34階柱	640.00
02.36 35階柱	578.00
02.37 36階柱	520.00
02.38 37階柱	640.00
02.39 38階柱	578.00
02.40 39階柱	520.00
02.41 40階柱	640.00
02.42 41階柱	578.00
02.43 42階柱	520.00
02.44 43階柱	640.00
02.45 44階柱	578.00
02.46 45階柱	520.00
02.47 46階柱	640.00
02.48 47階柱	578.00
02.49 48階柱	520.00
02.50 49階柱	640.00
02.51 50階柱	578.00
02.52 51階柱	520.00
02.53 52階柱	640.00
02.54 53階柱	578.00
02.55 54階柱	520.00
02.56 55階柱	640.00
02.57 56階柱	578.00
02.58 57階柱	520.00
02.59 58階柱	640.00
02.60 59階柱	578.00
02.61 60階柱	520.00
02.62 61階柱	640.00
02.63 62階柱	578.00
02.64 63階柱	520.00
02.65 64階柱	640.00
02.66 65階柱	578.00
02.67 66階柱	520.00
02.68 67階柱	640.00
02.69 68階柱	578.00
02.70 69階柱	520.00
02.71 70階柱	640.00
02.72 71階柱	578.00
02.73 72階柱	520.00
02.74 73階柱	640.00
02.75 74階柱	578.00
02.76 75階柱	520.00
02.77 76階柱	640.00
02.78 77階柱	578.00
02.79 78階柱	520.00
02.80 79階柱	640.00
02.81 80階柱	578.00
02.82 81階柱	520.00
02.83 82階柱	640.00
02.84 83階柱	578.00
02.85 84階柱	520.00
02.86 85階柱	640.00
02.87 86階柱	578.00
02.88 87階柱	520.00
02.89 88階柱	640.00
02.90 89階柱	578.00
02.91 90階柱	520.00
02.92 91階柱	640.00
02.93 92階柱	578.00
02.94 93階柱	520.00
02.95 94階柱	640.00
02.96 95階柱	578.00
02.97 96階柱	520.00
02.98 97階柱	640.00
02.99 98階柱	578.00
03.00 99階柱	520.00
03.01 100階柱	640.00
03.02 101階柱	578.00
03.03 102階柱	520.00
03.04 103階柱	640.00
03.05 104階柱	578.00
03.06 105階柱	520.00
03.07 106階柱	640.00
03.08 107階柱	578.00
03.09 108階柱	520.00
03.10 109階柱	640.00
03.11 110階柱	578.00
03.12 111階柱	520.00
03.13 112階柱	640.00
03.14 113階柱	578.00
03.15 114階柱	520.00
03.16 115階柱	640.00
03.17 116階柱	578.00
03.18 117階柱	520.00
03.19 118階柱	640.00
03.20 119階柱	578.00
03.21 120階柱	520.00
03.22 121階柱	640.00
03.23 122階柱	578.00
03.24 123階柱	520.00
03.25 124階柱	640.00
03.26 125階柱	578.00
03.27 126階柱	520.00
03.28 127階柱	640.00
03.29 128階柱	578.00
03.30 129階柱	520.00
03.31 130階柱	640.00
03.32 131階柱	578.00
03.33 132階柱	520.00
03.34 133階柱	640.00
03.35 134階柱	578.00
03.36 135階柱	520.00
03.37 136階柱	640.00
03.38 137階柱	578.00
03.39 138階柱	520.00
03.40 139階柱	640.00
03.41 140階柱	578.00
03.42 141階柱	520.00
03.43 142階柱	640.00
03.44 143階柱	578.00
03.45 144階柱	520.00
03.46 145階柱	640.00
03.47 146階柱	578.00
03.48 147階柱	520.00
03.49 148階柱	640.00
03.50 149階柱	578.00
03.51 150階柱	520.00
03.52 151階柱	640.00
03.53 152階柱	578.00
03.54 153階柱	520.00
03.55 154階柱	640.00
03.56 155階柱	578.00
03.57 156階柱	520.00
03.58 157階柱	640.00
03.59 158階柱	578.00
03.60 159階柱	520.00
03.61 160階柱	640.00
03.62 161階柱	578.00
03.63 162階柱	520.00
03.64 163階柱	640.00
03.65 164階柱	578.00
03.66 165階柱	520.00
03.67 166階柱	640.00
03.68 167階柱	578.00
03.69 168階柱	520.00
03.70 169階柱	640.00
03.71 170階柱	578.00
03.72 171階柱	520.00
03.73 172階柱	640.00
03.74 173階柱	578.00
03.75 174階柱	520.00
03.76 175階柱	640.00
03.77 176階柱	578.00
03.78 177階柱	520.00
03.79 178階柱	640.00
03.80 179階柱	578.00
03.81 180階柱	520.00
03.82 181階柱	640.00
03.83 182階柱	578.00
03.84 183階柱	520.00
03.85 184階柱	640.00
03.86 185階柱	578.00
03.87 186階柱	520.00
03.88 187階柱	640.00
03.89 188階柱	578.00
03.90 189階柱	520.00
03.91 190階柱	640.00
03.92 191階柱	578.00
03.93 192階柱	520.00
03.94 193階柱	640.00
03.95 194階柱	578.00
03.96 195階柱	520.00
03.97 196階柱	640.00
03.98 197階柱	578.00
03.99 198階柱	520.00
04.00 199階柱	640.00
04.01 200階柱	578.00
04.02 201階柱	520.00
04.03 202階柱	640.00
04.04 203階柱	578.00
04.05 204階柱	520.00
04.06 205階柱	640.00
04.07 206階柱	578.00
04.08 207階柱	520.00
04.09 208階柱	640.00
04.10 209階柱	578.00
04.11 210階柱	520.00
04.12 211階柱	640.00
04.13 212階柱	578.00
04.14 213階柱	520.00
04.15 214階柱	640.00
04.16 215階柱	578.00
04.17 216階柱	520.00
04.18 217階柱	640.00
04.19 218階柱	578.00
04.20 219階柱	520.00
04.21 220階柱	640.00
04.22 221階柱	578.00
04.23 222階柱	520.00
04.24 223階柱	640.00
04.25 224階柱	578.00
04.26 225階柱	520.00
04.27 226階柱	640.00
04.28 227階柱	578.00
04.29 228階柱	520.00
04.30 229階柱	640.00
04.31 230階柱	578.00
04.32 231階柱	520.00
04.33 232階柱	640.00
04.34 233階柱	578.00
04.35 234階柱	520.00
04.36 235階柱	640.00
04.37 236階柱	578.00
04.38 237階柱	520.00
04.39 238階柱	640.00
04.40 239階柱	578.00
04.41 240階柱	520.00
04.42 241階柱	640.00
04.43 242階柱	578.00
04.44 243階柱	520.00
04.45 244階柱	640.00
04.46 245階柱	578.00
04.47 246階柱	520.00
04.48 247階柱	640.00
04.49 248階柱	578.00
04.50 249階柱	520.00
04.51 250階柱	640.00
04.52 251階柱	578.00
04.53 252階柱	520.00
04.54 253階柱	640.00
04.55 254階柱	578.00
04.56 255階柱	520.00
04.57 256階柱	640.00
04.58 257階柱	578.00
04.59 258階柱	520.00
04.60 259階柱	640.00
04.61 260階柱	578.00
04.62 261階柱	520.00
04.63 262階柱	640.00
04.64 263階柱	578.00
04.65 264階柱	520.00
04.66 265階柱	640.00
04.67 266階柱	578.00
04.68 267階柱	520.00
04.69 268階柱	640.00
04.70 269階柱	578.00
04.71 270階柱	520.00
04.72 271階柱	640.00
04.73 272階柱	578.00
04.74 273階柱	520.00
04.75 274階柱	640.00
04.76 275階柱	578.00
04.77 276階柱	520.00
04.78 277階柱	640.00
04.79 278階柱	578.00
04.80 279階柱	520.00
04.81 280階柱	640.00
04.82 281階柱	578.00
04.83 282階柱	520.00
04.84 283階柱	640.00
04.85 284階柱	578.00
04.86 285階柱	520.00
04.87 286階柱	640.00
04.88 287階柱	578.00
04.89 288階柱	520.00
04.90 289階柱	640.00
04.91 290階柱	578.00
04.92 291階柱	520.00
04.93 292階柱	640.00
04.94 293階柱	578.00
04.95 294階柱	520.00
04.96 295階柱	640.00
04.97 296階柱	578.00
04.98 297階柱	520.00
04.99 298階柱	640.00
05.00 299階柱	578.00
05.01 300階柱	520.00
05.02 301階柱	640.00
05.03 302階柱	578.00
05.04 303階柱	520.00
05.05 304階柱	640.00
05.06 305階柱	578.00
05.07 306階柱	520.00
05.08 307階柱	640.00
05.09 308階柱	578.00
05.10 309階柱	520.00
05.11 310階柱	640.00
05.12 311階柱	578.00
05.13 312階柱	520.00
05.14 313階柱	640.00
05.15 314階柱	578.00
05.16 315階柱	520.00
05.17 316階柱	640.00
05.18 317階柱	578.00
05.19 318階柱	520.00
05.20 319階柱	640.00
05.21 320階柱	578.00
05.22 321階柱	520.00
05.23 322階柱	640.00
05.24 323階柱	578.00
05.25 324階柱	520.00
05.26 325階柱	640.00
05.27 326階柱	578.00
05.28 327階柱	520.00
05.29 328階柱	640.00
05.30 329階柱	578.00
05.31 330階柱	520.00
05.32 331階柱	640.00
05.33 332階柱	578.00
05.34 333階柱	520.00
05.35 334階柱	640.00
05.36 335階柱	578.00
05.37 336階柱	520.00
05.38 337階柱	640.00
05.39 338階柱	578.00
05.40 339階柱	520.00
05.41 340階柱	640.00
05.42 341階柱	578.00
05.43 342階柱	520.00
05.44 343階柱	640.00
05.45 344階柱	578.00
05.46 345階柱	520.00
05.47 346階柱	640.00
05.48 347階柱	578.00
05.49 348階柱	520.00
05.50 349階柱	640.00
05.51 350階柱	578.00
05.52 351階柱	520.00
05.53 352階柱	640.00
05.54 353階柱	578.00
05.55 354階柱	520.00
05.56 355階柱	640.00
05.57 356階柱	578.00
05.58 357階柱	520.00
05.59 358階柱	640.00
05.60 359階柱	578.00
05.61 360階柱	520.00
05.62 361階柱	640.00
05.63 362階柱	578.00
05.64 363階柱	520.00
05.65 364階柱	640.00
05.66 365階柱	578.00
05.67 366階柱	520.00
05.68 367階柱	640.00
05.69 368階柱	578.00
05.70 369階柱	520.00
05.71 370階柱	640.00
05.72 371階柱	578.00
05.73 372階柱	520.00
05.74 373階柱	640.00
05.75 374階柱	578.00
05.76 375階柱	520.00
05.77 376階柱	640.00
05.78 377階柱	578.00
05.79 378階柱	520.00
05.80 379階柱	640.00
05.81 380階	

＜情報流通基盤(施工)＞

○施工モデル

施工モデルとは、GPS、TS(トータルステーション)等による測量・位置計測技術およびブルドーザやモータグレーダ等の建設機械のマシンコントロール技術(情報化施工 ICT)と3次元データを連携させることによって、建設プロセスの施工段階における出来形を含む品質や生産性を向上させるモデルのことを指す。

情報化施工の概要を図11に示す。

<p>A. ブルドーザやモータグレーダ等のマシンガイダンス技術</p>  <p>GNSSやセンサー等の組み合わせで機体・作業装置の位置・傾斜を取得し、設計データとの差分を算出してオペレータに提示する技術</p>	<p>B. グレーダやブルドーザ等のマシンコントロール技術(敷設)</p>  <p>TSトータルステーションやGNSS、もしはGPS、照準レーザを用いて、建設機械の作業装置の位置・傾斜をリアルタイムに取得し、設計データとの差分に基づき制御データを生成し、作業装置を制御</p>	<p>C. TS-GNSSを用いた出来形管理技術(運路土工/実用土工)</p>  <p>TSやGNSSで取得された位置および傾斜値、出来形値(基準、実、差、幅)等に抽出・変換するのと同時に、設計データとの差分を算出・提供</p>
<p>D. ローラの軌跡管理による締めの品質管理技術(締固め)</p>  <p>GNSSやTSで機体の位置を取得し、平面上に設計したメッシュ毎に締めの回数や回数を設定し、試験機上で確認した規定回数との差を、オペレータに提示する技術</p>	<p>E. ブルドーザ等による締めの品質管理技術(厚さ)</p>  <p>GNSSを用いて、建設機械の作業装置の位置・傾斜をリアルタイムに取得し、前後との差分に基づき厚さや敷設量を算出する技術</p>	<p>F. 駆動ローラの加速度応答による締めの品質管理技術(強度)</p>  <p>GNSSで機体の位置を、加速度計で入力装置に対する加速度応答を取得し、加速度応答の特性変化を算出・オペへの提供。特性変化は地盤強度との相関性が高いとされる</p>
<p>G. TSを用いた出来形管理技術(厚さ)</p>  <p>TSによる締固め等の仕上げ作業を実施し、設計の出来形と照合して品質を管理する技術</p>	<p>H. 赤外線温度計を用いた面状の品質管理技術(温度)</p>  <p>舗装材料(道路)に赤外線温度計を用いて面状の品質(締固め)を確認する技術。温度、GNSS付きローラ等の機体位置との組合せにより、面状の締固め温度の管理が可能</p>	<p>I. 各種強度計測による堅土の品質管理技術(強度)</p>  <p>品質(強度)を管理しに取得出来る位置計測技術により品質(強度)を確認する技術。試験位置の取得可能な走行経路等との組合せにより、面状の強度管理が可能</p>
<p>J. 無線付き温度計を用いたコンクリートの品質管理技術(積算温度)</p>  <p>品質(コンクリート)の硬化を促進させるため、無線付き温度計を用いてコンクリートの温度をリアルタイムに取得し、積算温度を算出する技術</p>	<p>K. 建設機械や生産設備の稼働記録を用いた稼働管理技術</p>  <p>稼働記録の稼働状況や、稼働時間、タンク残量(位置)などを監視し、最適な稼働配達の判断支援を行う技術</p>	<p>L. 3次元CADによる統合管理技術</p>  <p>測量や計画の機械的検証を3次元CAD上で一括に管理。また、3次元CAD上で、直観的かつ設計データ作成・検証を行う</p>

情報化施工推進戦略(2008年)より抜粋

図11 情報化施工の概要

(株)奥村組の施工現場に施工モデルを適用した事例を図12～図13に示した。

「事例紹介」 宅地盛土造成工事

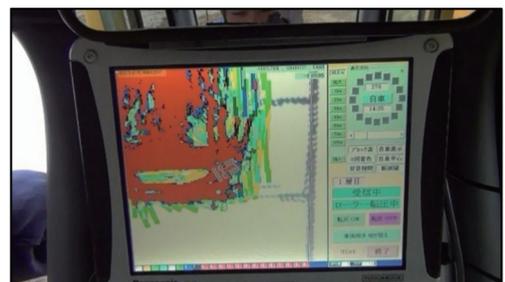
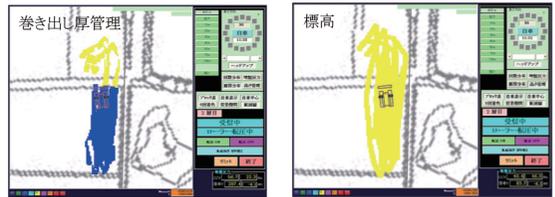
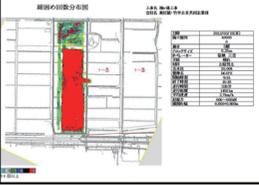


図12 GNSS-VRS方式による締固め(ブル転圧)

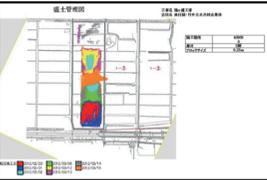
締め固め回数分布図



走行軌跡図



盛土管理図



現場状況

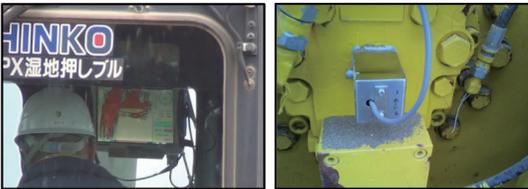


図12 振動ローラの加速度応答による締め固め

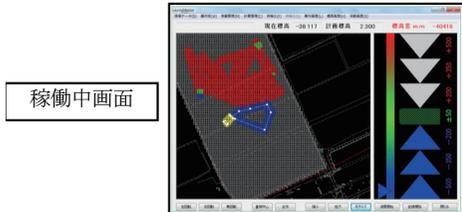
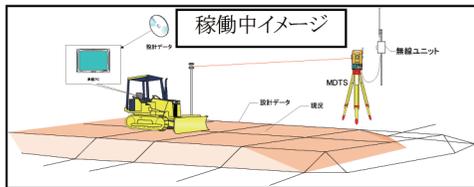
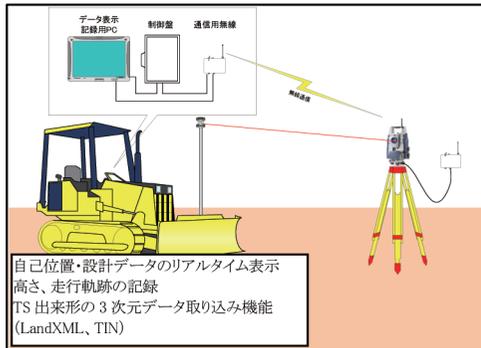


図13 自動追尾 TS によるブルドーザ敷均し

6. まとめ

3次元モデル導入にあたり得られた効果を以下に示す。

- (1) 調査モデルは、測量データあるいは公開データを使用することにより十分な精度の地形モデルを作成することができた。
- (2) 設計モデルは、構造物や鉄筋を3次元モデルで作成することにより、設計数量の自動算出や過密部分の鉄筋干渉を事前に検討することができた。
- (3) 施工モデルは、施工現場において運用されている重機に情報技術を付与することによって図12、図13に示す現場状況を数値化、可視化することにより品質や施工性の向上が図られていることが見てとれる。
また、最終形の出来形を3次元データにすることも可能であり、地形モデルとのデータの連携も可能であることが分かる。

調査、設計、施工の各モデルにおいて3次元モデルの有効性を確認することができた。将来的には、設計モデルを構造解析へ応用したり、施工モデルを維持管理に活用したりできるように幅を広げ検討していきたい。

謝辞：施工モデルの事例紹介にあたり、千葉県そでがうら たくらぎせいもりどころ 袖ヶ浦市宅地造成盛土工事の施工現場事例を提供していただきました株式会社奥村組の関係者の皆様に深く御礼を申し上げます。

<参考文献およびセミナー資料>

- 1) 平成 24 年度第 1 回 JACIC セミナー
一般財団法人 日本建設情報総合センター
「CALs のこれから」 建設コンサルタンツ協会
CALs/EC 委員会 藤澤 泰雄
(2012 年 4 月 13 日)
- 2) 土木学会 ICT 施工研究小委員会
発足と今後の活動について
奥村組 情報システム部 五十嵐 善一
(2012 年 6 月 12 日)
- 3) 「情報化施工推進戦略の策定について」(国土交通省
(<http://www.mlit.go.jp>)、2008 年 7 月 31 日)
- 4) 建通新聞 建通新聞社 (<http://www.kentsu.co.jp/>)
- 5) ライカジオシステムズ株式会社
(<http://www.leica-geosystems.com/hds>)
- 6) 土木-BIM3次元モデル化コンサルティング
「OGI テクニカルレポート vol.19」(応用技術(株)、2011)
- 7) 土木設計における Civil3D の活用について
「OGI テクニカルレポート vol.19」(応用技術(株)、2011)