(1) 土地区画整理事業におけるCIMモデルの有効活用に関する基礎的検討

二本柳　篤[1]・荒幡　昌俊[2]

[1]非会員　東日本総合計画株式会社　まちづくり本部土木設計部（〒350-1124 埼玉県川越市新宿町 5-3-3）
E-mail:nihonyanagia@tolex.co.jp

[2]非会員　東日本総合計画株式会社　まちづくり本部都市再生部（〒350-1124 埼玉県川越市新宿町 5-3-3）
E-mail: marahata@tolex.co.jp

国土交通省で推進している CIM（Construction Information Modeling）は主に施工分野での導入が加速しているが，設計においては事例も少数となっている．本稿は，土地区画整理事業の設計の過程においてCIM（Construction Information Modeling）の適用方法の基礎的な検討を行ったものである．

Key Words: *CIM, 3D model, i-construction,Laser Scanners, Point cloud*

1. はじめに

現在の建設業界における最大の課題は，就業人口の減少といわれており，現在，就業人口はピーク時の 73.7%に減じている [1)]．2030 年までの間に生産年齢人口は毎年 1%近く減少していくと見込まれている [2)]．少子高齢化社会が進行していく中，今後も回復の見込みは少なく，労働者不足が慢性的に続く．また，建設業の生産性は他産業に比べ非常に低いと言われており [3)]，労働者不足は品質の低下を招く事にも繋がり兼ねないため，生産性の向上及び不足する労働者の確保は急務である．

国土交通省では，これらを解決する方策として，CIM（Construction Information Modeling）を導入し，2015 年より i-Construction と銘打ち，ICT 建設技術を更に加速させ業務効率，生産性の向上を目指している．

また，CIM の効果を確認するために，平成 24 年度より設計を対象とした CIM 試行業務を，平成 25 年度から施工を対象とした CIM 試行工事を開始し，平成 27 年度までに全体で試行業務は 56 件，試行工事は 110 件が実施されている．しかし，施工における試行は多いものの，設計に関する試行は少数である．

また，設計における試行では，道路におけるトンネル，橋梁等の事例は多いが，面整備に関しては事例が少なく [4)]，まして土地区画整理事業に関しては皆無である．

2. 土地区画整理事業について

土地区画整理事業は 1954 年に土地区画整理法が成立して以来，土地区画整理事業は幅広く実施されており，その施行実績は個人・組合等施行，公共団体・機構等施行を含め全国で 366,825ha（2012 年度末時点）が事業着工（うち換地処分済み 329,249ha）[5)]している．今日では施行面積が大規模だと地権者の合意形成や事業費の増大に伴う事業年度が長くなることが懸念されているため，小規模区画整理で施行するのが主流となってきている．

都市計画道路等の公共施設がない場合は，通常，保留地処分金を事業費として事業を運営することになる．この保留地処分金とは地区内の宅地を減歩して生み出される土地であり，減歩は事業費と密接な関係になる．土地区画整理事業を行う地区の状況にもよるが，工事費のウエイトは，建物移転補償費で次に造成費（道路等のインフラ整備含む）が高くなる．

近年の土地区画整理事業では，小規模施行面積とするために既存建物等を避ける形で区域設定を行い，建物移転補償費のウエイトを少なくしているが，造成費については土地区画整理事業を行う上では避けて通れないものである．施行面積が小規模であると，減歩以外での事業費のねん出が難しいため，減歩比率が増大する傾向となる．減歩は地権者の土地を提供してもらうため，減歩が大きいと地権者の合意形成を取ることが困難となり土地区画整理事業の存続が困難になってしまう．

よって，小規模土地区画整理事業では，事業費

（減歩率）を如何に抑制するかが，成否を分ける大きな鍵となってくる．更に地権者の要求などのために，道路配置など様々な可変要素があり，全体の計画が容易には決定しない事から，臨機応変な対応が可能なモデルの構築が必要になる．

このように，土地区画整理事業を計画する上では，

・地権者の合意形成がしやすいこと
・道路線形等の変更が容易であること
・将来的な維持管理のベースとして利用できる

ことが重要である．

3. CIM を用いた土地区画整理事業の設計

(1) CIM による 3 次元モデルを用いた設計

どの様な設計，施工でも当然，施工費は極力安価にする必要があるが，特に土地区画整理事業の場合，施工費が減歩率に反映するため，地権者に与える影響も大きくなる．

条件にもよるが，土地区画整理事業では施工費（建物移転補償費以外）の大半を土工と舗装工が占める．土工においては発生土量を抑制することが，施工費を下げる重大な観点である．しかし，様々な設計条件の中で，最小の土量となるような高さ設定は多数の組み合わせの中から選択する必要があり，その組み合わせを作成するだけでも膨大な時間を要する．これは，開発区域の面積が増えるほど，道路の路線数が増えるほど，検討可能なパターンも増えるため，無限とも言えるパターンが出てくる．この時に熟練の技術者がいる場合にある程度は経験則より設定も可能ではあるが，熟練技術者が不在の場合は非常に困難な作業となる．

CIM を用いた 3 次元モデルを利用すると，現況地形モデル上で造成する基盤の高さ，道路線形などを様々に変更する事が可能で，発生土量も計画を変更するだけで自動的に計算されるため効率的に，発生土を最大限に抑制し残土処分を最小化する設計が可能である．

(2) 3 次元モデルの作成

中部地方のある地域での土地区画整理事業（造成面積 3ha，7 路線総延長 1km，事業費約 3 億円）において，CIM による 3 次元モデルを用いて設計を行った．3 次元モデルの作成は，Autodesk 社の AutoCAD Civil3D2015（以下 C3D とする）を用いて**図-1** に示すように現況地形及び道路のモデルを作成した．

a) 現況地形モデルの作成

現況地形モデルの作成は，開発区域全域を地上型 3D レーザースキャナー（以下 3D レーザー）Leica Geosystems 社の Scan Station P40 により計測し，取得した点群データから TIN による 3 次元地形モデルとした．

3D レーザーはレーザーが反射した箇所の点を取得するため，影になる部分は取得できない（**図-2**（a））ため，2 方向からの計測を行うなど，取得の際は極力，影となる部分が無い様に計測した．取得した点群データは 2 億点を超え，レーザー計測の作業日数は 5 日を要した．

次に取得した点群データを点群編集ソフトの cyclone（Leica Geosystems 社）上で余分な点（立木や不要な建造物等）を削除し，既知の測量点を用いてキャリブレーションを行い地表面の点群とし，TIN による 3D モデルを作成し LandXML 形式で出力した．点群モデルの編集作業には 2 日間を要した．

出力したデータは C3D にて現況地形として読み込んだ．しかし，そのままのデータでは点群の欠損による不具合等が発生していたため，C3D 上にて編集を行い，最終的な地形の 3D モデルを作成した．

b) 道路設計モデルの作成

道路は予め決められていたアセンブリと言われる断面モデルを作成し，現況地形モデル及び設定した平面線形から現況縦断図を作成．現況縦断図を基に計画縦断線形を設定した．

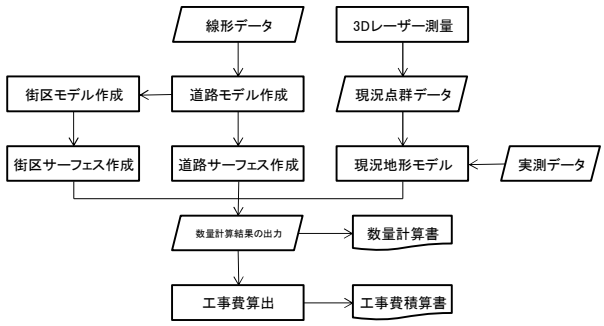
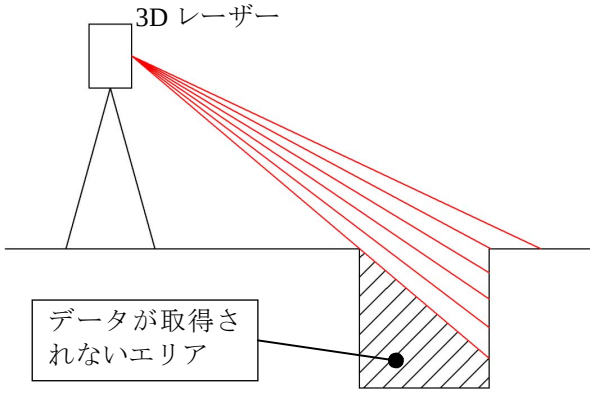
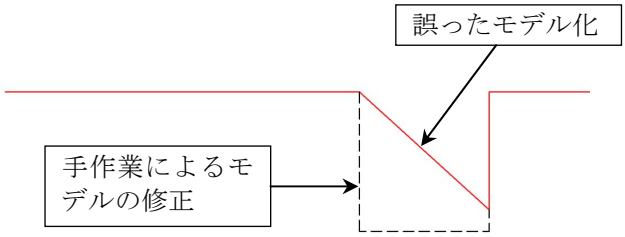


図-1 3D モデル作成フロー図



(a)取得されないエリア



(b)手作業による修正

図-2 3D レーザーで取得困難な地形

これら一連の手続きを行う事によりコリドーモデルと言われる 3 次元の骨組みモデルが作成される．

これよりサーフェスモデルを作成し 3 次元モデルは完成（**図-3**）する．

尚，これら各個のモデルは全て関連付けられているため，どのモデル，図を修正しても関連する全てのデータが修正される．例えばアセンブリデータを修正した時はコリドーモデル，サーフェスモデル，土量計算等も全てが自動で変更される．

これら一連の手続きを経ると土量計算が自動で実行可能となるため，同様の作業を各路線に対して行った．なお，これら一連のモデル作成に要した日数は 1 日である．

c)　作成に要した日数

表-1 に、概算ではあるが、図面作製までを，従来手法で行った場合との比較を示す．モデル作成により土量の算出も行われるため極めて効率が良い．また，3D モデルであるため，変更が非常に容易で一度モデルを作成すると修正があった場合に相互に関連するすべてのモデル（横断図，縦断図，数量表）も自動で変更されるため，最適な線形検討には非常に有効な方法と言える．従って，協議先へシステム（ノート PC）を持ち込めば協議先での打合せ時の思い付き等が他にどの様な影響を与えるかがその場で検討，確認でき，意思決定に大いに役立つと思われる．

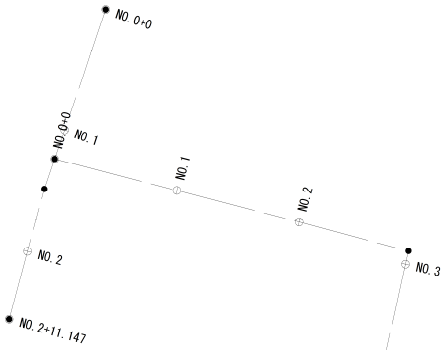
4.　まとめ

(1)　CIM による 3 次元モデルの有効性

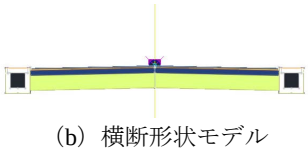
今回，CIM モデルを適用するにあたり，土地区画整理事業における様々な有効性が確認された（**表-2**）．

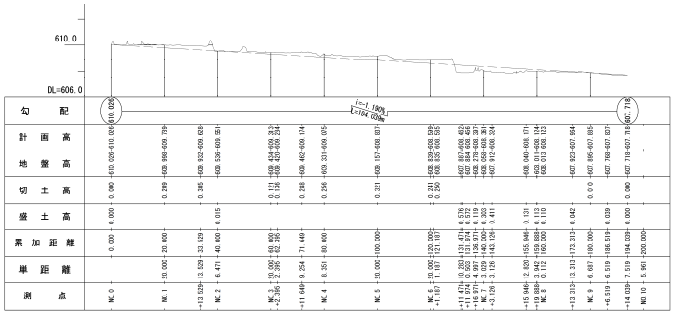
また，副次的ではあるが，3D レーザーによる点群データ取得が非常に有効な手段である事も実証された．

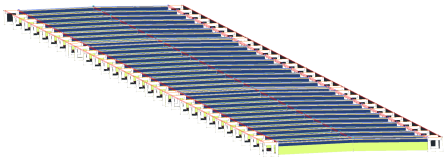
図-4 の様にスキャンした箇所は全方向の点群データを取得する事が可能なため，人孔蓋の高さや，縁石のタイプ等も判別できることから，1 度の現地調査で大量の情報の取得が可能なため、レベル等の計測機器を用いて調査を行わなくてはならなかった現地調査回数を減らせる事が解った．今回作成したモデルは概略設計レベルであるが，本研究を適用した事業は業務代行方式で施工までを受注しているため，概略設計，詳細設計，施工までの使用に耐えるモデルに発展させる事が可能である．

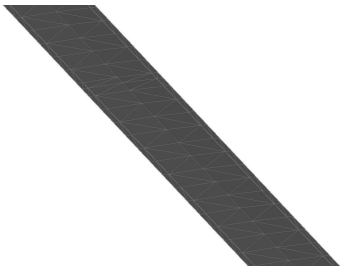


（a）平面線形モデル


（b）横断形状モデル


（c）縦断線形モデル


（d）コリドーモデル


（e）サーフェスモデル

総土量テーブル

測点	切土領域	盛土領域	切土量	盛土量	累積切土量	累積盛土量	ネット土量
0+00.000	0.03	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+20.000	0.48	0.00	4.93	2.47	4.93	2.47	2.46
0+40.000	0.25	0.00	7.08	0.00	12.01	2.47	9.55
0+57.857	1.01	0.00	11.27	0.00	23.28	2.47	20.81
0+60.000	1.18	0.00	11.11	0.00	12.17	2.47	9.70
0+80.000	0.20	0.00	13.72	0.00	25.89	2.47	23.42
1+00.000	0.88	0.00	10.78	0.00	36.67	2.47	34.20
1+18.371	0.00	1.89	8.11	15.63	44.78	18.00	26.78

（f）土量計算テーブル

図-3　作成した一連の設計モデル

表-1　図面作成までの作業日数
（面積 3ha、7 路線、総延長約 1km の場合）

	従来手法	3D レーザー
現況測量（図面作成含む）	30 日	15 日
	2D 図面	CIM モデル
設　　計	10 日	1 日
合　　計	40 日	16 日

表-2　CIM モデルの有効性

設計業務としての有効性
工期，工程の短縮
技術者不足の解消
施工費の抑制
土地区画整理事業としての有効性
多数の地権者の理解に寄与できる
変更にも時間の短縮化、低コスト化が可能

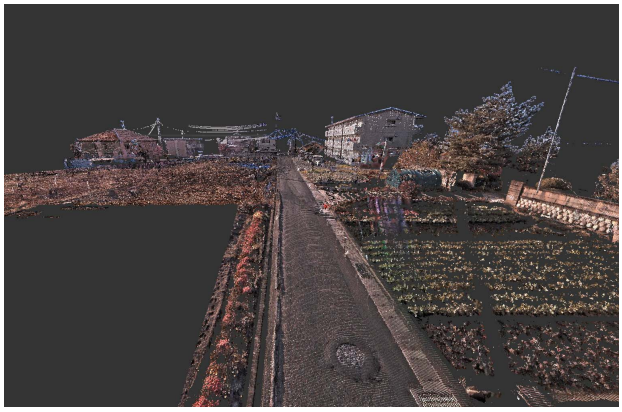


図-4　現地点群データ（Autodesk 社 Recap にて表示）

(2)　CIM による 3 次元モデルの課題

本検討にあたり判明した課題点は以下の通りである．

a)　点群からの地形モデル作成に関して

3D レーザーで取得困難な箇所が必ず発生するため，2 方向からの計測等を行う様に計測地点の選定が重要となる．また，それでも取得困難な箇所が生ずる場合は，手作業による修正（図-2（b））や，補足測量が必須となる．

b)　設計モデルの作成に関して

ソフトの習熟が必須となる．このため，教育体制の確立や習熟のための時間が必要となる．

c)　成果物について

現段階では 3D モデルでの納品は認められていない．このため，3D モデルを 2D 化（従来の 2D 図面化）して納品する必要がある．

(3)　結論

本研究では，土地区画整理事業において CIM モデルを適用した場合の基礎的検討を行った．まず，現況地形モデルを 3D レーザーによる点群データを使用し作成した．この結果，点群データのみでは作成出来ない箇所があり，手作業による修正が必要だった．しかし，点群を取得することにより，現地調査の手間が結果的に省力化できることがわかった．

次に計画モデルでは，多数の地権者や発注者の意見に対して柔軟な対応を非常にスピーディに行えることより，土地区画整理事業において非常に有効な手段であることがわかった．また，平成 27 年度 4 月より条件つきではあるが，3 次元モデルを使用した体積算出も認められるようになった [6]ことから，今後はその使用が加速されると思われる．

C3D では区画モデルを作成し，宅地の画地割りも柔軟な 3D モデルが作成出来る機能が備えられているが，今回の研究では作成しなかった．しかし，今回の研究で CIM モデルが十分に活用できることがわかったため，今後は同モデルを発展させ，最終的には施工でも使用可能か検討を続けて行きたい．

この研究を行った業務は施工までを請け負っている業務であるため，計画，設計，施工までを CIM モデルの有効性を十分に検討することが可能と思われる．今後は業務完了までを念頭におきモデルの有効活用を検討していきたい．

参考文献

1) 日本建設業連合会：建設業ハンドブック 2015，p.18，2015.
2) i-Construction 委員会：i-Construction～建設現場の生産性革命～　平成 28 年 4 月，p.1，2016.
3) 矢吹　信喜：CIM 入門，p.31，理工図書，2016.
4) CIM 技術検討会：CIM 技術検討会　平成 26 年度報告，pp.12-13，2015.
5) 街づくり区画整理協会：土地区画整理必携　平成 26 年度版，p.10，2016.
6) 国土交通省：平成 27 年度（4 月版）土木工事数量算出要領（案），p.1-1-2，2016.