

電子化基準策定小委員会

2009、2010年度

活動報告書

平成 23 年 6 月

情報利用技術委員会／電子化基準策定小委員会

はじめに

電子化基準策定小委員会は 2002 年 6 月にそれまで、土木 CAD 小委員会のひとつの分科会として活動していたものが独立したものである。2005 年末には念願の土木 CAD 製図基準(案)の通則および 16 工種編が公開の運びとなり、その後、他の電子化基準の必要性調査や CAD データの有効利用の調査研究を行ってきた。発足後 10 年経過し一応の役割を終えたものと判断し小委員会活動を終了するものである。

土木 CAD 製図基準策定活動の概要

2002.6 土木 CAD 小委員会の基準策定分科会から電子化基準策定小委員会として独立

～ 通則編、工種編ごとの分科会を設け基準を策定

2005.12 土木 CAD 製図基準(案) 通則編、16 工種編の公開

土木 CAD 製図基準(案)公開以後の分科会活動概要

- ・ CAD 製図分科会 (2005.6～2007.6)

土木 CAD 製図基準(案)の精査、Q&A への対応

- ・ 属性情報検討分科会 (2005.6～2007.6)

SXF ver3 により CAD データと共に関連する属性情報が扱えるようになったことから、有効性の大きい属性を抽出し効果を検証した。

- ・ 維持管理分科会 (2005.6～2007.6)

維持管理段階における図面の活用状況を調査、CAD 図面の有効利用を提言した。

- ・ 電子化基準研究分科会 (2007.6～2009.6)

内外の土木分野における電子化基準、IT 標準化の調査を行い、不足している電子化基準を抽出。

- ・ 三次元 CAD 検討分科会 (2007.6～2009.6)

土木分野における三次元 CAD 利用実態の調査をおこなった。

- ・ CAD 利用向上検討分科会 (2007.6～2009.6)

図面属性利用の深度化および CAD データを有効利用するための方策について検討した。

- ・ 土木 CAD 製図基準検討分科会 (2009.6～2011.6)

土木 CAD 製図基準(案)の改訂検討を行い、通則編について改定を行った。

- ・ CAD データの高度利用検討分科会 (2009.12～2011.6)

土木における、属性セット利用を検討・整理し、2 次元→3 次元データ作成 (地形データ)、3 次元データ取得、3 次元単独図の検討を行った。

本報告書では最終報告書として 2009 年 6 月から取組んだ「CAD データの高度利用検討分科会」および「土木 CAD 製図基準検討分科会 (2009.6～2011.6)」の 2 分科会の活動について報告する。

第 1 編 土木 CAD 製図基準検討分科会

土木 CAD 製図基準検討分科会

＜目 次＞

1	土木CAD製図基準検討分科会の活動	1
1-1	分科会の活動目的	1
1-2	分科会委員名簿	1
1-3	分科会活動報告	2
2	活動項目	4
3	活動スケジュール	4
4	活動概要	5
4-1	土木CAD製図基準（案）通則編 平成23年6月改訂版	5
4-2	工種編	6

＜別冊＞ 土木CAD製図基準（案）通則編 平成23年6月改訂版

1 土木 CAD 製図基準検討分科会の活動

1-1 分科会の活動目的

土木 CAD 製図基準（案）は、当小委員会より平成 17 年 12 月に Web 公開された。その後、国土交通省の CAD 製図基準（案）が、平成 20 年 5 月に改定され、（社）土木学会の土木製図基準〔2009 年改訂版〕が、平成 21 年 2 月に出版されたことから、これらの基準類との整合について改めて精査する必要性が生じたため、分科会を設置し、調査研究するものである。

1-2 分科会委員名簿

土木 CAD 製図基準検討分科会の委員は表 1-1 の通りである。

表 1-1 分科会委員名簿

役職	氏名	所属
主査	大野聡	株式会社シビルソフト開発
委員	奥野一暢	財団法人港湾空港建設技術サービスセンター
	加賀屋太郎	株式会社デバイスワークス
	川上雅一	財団法人日本建設情報総合センター
	楠達夫	ジェイアール東日本コンサルタンツ株式会社
	小林 秀樹	中電技術コンサルタント株式会社
	高田次郎	株式会社管総研
	西木也寸志	日本工営株式会社
	西原孝仁	財団法人港湾空港建設技術サービスセンター
	平野猛也	株式会社近代設計
	諸山敬士	東京電力株式会社
	山田卓	日本工営株式会社

1-3 分科会活動報告

ここでは、土木 CAD 製図基準検討分科会に関する活動報告を日時、場所、出席者、議題の概要として表 1-2 に整理した。

表 1-2 活動報告

1. 第 1 回土木 CAD 製図基準検討分科会			
日時	平成 21 年 11 月 17 日(金) 13:00～15:00		
場所	土木学会会館 A 会議室	出席者	13 名
議題	1) 分科会の活動目的と概要 2) 分科会活動の手法とスケジュール 3) その他		
2. 第 2 回土木 CAD 製図基準検討分科会			
日時	平成 21 年 12 月 15 日 (火) 15:30～17:30		
場所	日本工営新麹町オフィス 4 階会議室	出席者	11 名
議題	1) 通則編について 2) 工種について 3) その他		
3. 第 3 回土木 CAD 製図基準検討分科会			
日時	平成 22 年 3 月 5 日 (金) 14:00～15 : 00		
場所	土木会館 E 会議室	出席者	6 名
議題	1) 通則編について 2) 工種について 3) その他		
4. 第 4 回土木 CAD 製図基準検討分科会			
日時	平成 22 年 4 月 15 日 (金) 15:00～16:30		
場所	土木会館 D 会議室	出席者	5 名
議題	1) 通則編について 2) 工種について 3) その他		

5. 第 5 回土木 CAD 製図基準検討分科会			
日時	平成 22 年 6 月 1 日（金） 13:00～14:30		
場所	土木会館 D 会議室	出席者	8 名
議題	1) 通則編について 2) 工種について 3) その他		
6. 第 6 回土木 CAD 製図基準検討分科会			
日時	平成 22 年 7 月 9 日(金) 13:00～14:30		
場所	土木会館 C 会議室	出席者	6 名
議題	1) 通則編について 2) 工種について 3) その他		
7. 第 7 回土木 CAD 製図基準検討分科会			
日時	平成 23 年 2 月 17 日(木)		
場所	ウェブファイルマネージャー	出席者	8 名
議題	1) 通則編 2) その他		
8. 第 8 回土木 CAD 製図基準検討分科会			
日時	平成 23 年 5 月 9 日(月) 15 : 00～17 : 00		
場所	土木会館 B 会議室	出席者	9 名
議題	1) 通則編 2) 報告書とりまとめ 3) その他		

2 活動項目

今回の土木 CAD 製図基準検討分科会の活動項目は、表 2-1 のとおりである。

表 2-1 分科会の活動項目

	活動項目
1.	通則編
(1)	土木製図基準[2009 年改訂版]第 1 章通則との差異抽出
(2)	国土交通省の CAD 製図基準（案）との整合検討
(3)	ファイル作成について
(4)	図面作成に使用する機能について
(5)	作図方法について
(6)	ファイル交換について
2.	工種について
(1)	道路について
(2)	土構造について
(3)	都市計画について
(4)	海岸について
(5)	上水道・工業用水道について

3 活動スケジュール

今回の土木 CAD 製図基準検討分科会の活動実施スケジュールは表 3-1 のとおりである。

表 3-1 活動実施スケジュール

活動項目	2009 年度				2010 年度			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
計画準備								
1. 調査・整理								
(1) 通則編								
(2) 工種編								
2. 改訂素案								
(1) 通則編								
3. とりまとめ								
(1) 土木 CAD 製図基準（案）通則編								
(2) 報告書とりまとめ								

4 活動概要

4-1 土木 CAD 製図基準（案）通則編 平成 23 年 6 月改訂版

土木 CAD 製図基準（案）は、CAD ソフトウェアを使って土木製図を行う際のデータ作成方法に関する基準であり、CAD 図面に表現される情報を円滑かつ正確に土木技術者間で交換することを目的としている。

この基準（案）の要求に従って作成される CAD データは、「CAD データ交換標準仕様（SXF）」に則り交換可能なものとなるように配慮している。何故なら、土木構造物のライフサイクルは、一般に 30 年～永久とも言われ、本書に従って作成された CAD データは、紙の図面の代替物としての役割が求められ、半永久的に閲覧・編集できる必要がある。

この基準（案）に従って作成される CAD データが、特定のソフトウェアや特定個人に著作権の存在するデータ仕様によってのみ保管可能なものであってはならない。

そのため、現状で存在する ISO 10303-202:1996 (STEP AP202) に準拠するデータ交換仕様のうち、建設業界におけるデータ交換を目的とした規約であり、且つ国内において多くの CAD ソフトウェアが対応している「CAD データ交換標準仕様（SXF）」でデータが作成できることを念頭に定めたものである。

通則編における改定のポイントは、土木学会書籍である土木製図基準が改訂され 2009 年改訂版となったこと、SXF 仕様に ver3.0 が加わり複数のラスターファイルや属性ファイルの使用が可能になったことなどに対応するものとなったことである。

今回の活動成果として、「土木 CAD 製図基準（案）通則編 2011 年 6 月改訂版」を策定し、別冊で添付する。

4-2 工種編

通則編の改訂にともない、工種編についても見直しが必要となるが、具体的な作業には至らなかった。したがって、今回は、各編の内容を検討し見直しの方針を見出すにとどめた。工種編の利用に際しては、改訂通則編の主旨を理解された上で以下に提示する項目についてそれぞれ読み替えを行っていただきたい。

4-2-1 共通事項

工種編については、通則編の改訂に伴って共通的に次の事項が追記される。

(1) 文字高さ

文字高さ 1.8mm を追加する。

文字高さ 1.8mm の主な用途は、現況高、記号等だが、各工種に渡って統一はされていない。

(2) レイヤ

レイヤとして「SUV」「DOC」を加える。

「SUV」の定義：地形図等の測量成果であり改変しないデータ

「DOC」の定義：文章領域（説明事項、指示事項、参照事項、位置図）

4-2-2 工種

共通的な事項以外で、各工種の追記や変更は次の通りになる。

(1) 都市計画

説明図の図面名称の例として、土地利用計画図、排水計画平面図、道路計画平面図、防災計画平面図を加える。

(2) 海岸

海岸保全施設の図面は、以下の通りとする。

- ・堤防、護岸、胸壁
- ・突堤
- ・離岸堤、人口リーフ、消波堤
- ・高潮・津波防波堤
- ・人工海浜 など

標準断面図の記載事項として、推定地層の境界を加える。

(3) 上水道・工業用水道

平面図の解説で、単線の記述を「平面図に記載する管路については単線で記載するこ

とを標準とする」としたが、「平面図に記載する管路については外形線を省き管中心だけの一本線（単線）で記載することを標準とする」とする。

第2編 CADデータの高度利用検討分科会

CADデータの高度利用検討分科会

＜目 次＞

1	CADデータの高度利用検討分科会の活動.....	1
1-1	分科会の活動目的.....	1
1-2	分科会委員名簿.....	1
1-3	分科会活動報告.....	2
2	活動項目.....	5
3	活動スケジュール.....	5
4	活動概要.....	6
4-1	経緯.....	6
4-2	2009年度活動概要.....	7
4-3	2010年度活動概要.....	7
5	CADデータの再利用における変移.....	8
6	SXF属性セットの利用例.....	8
6-1	道路工事完成図.....	8
6-2	河川工事完成図.....	10
6-3	下水道のシステム（GIS）.....	14
6-4	数値地形図データ SXF仕様（案）.....	16
7	2次元から3次元データの作成.....	18
7-1	図面から地形データの作成.....	18
7-2	現状の課題.....	18
8	土木分野における3次元利用例.....	19
8-1	レーザースキャナによる取得と3次元CADにおける利用.....	19
8-2	土木構造物におけるGoogle SketchUpの事例紹介.....	24
8-3	地質調査業界での3次元CADの動向.....	28
9	土木分野における3次元単独図.....	30
9-1	3次元単独図のイメージ.....	30
9-2	3次元単独図の作成手順.....	32
9-3	検証結果と課題.....	39

1 CADデータの高度利用検討分科会の活動

1-1 分科会の活動目的

これまでの「CAD 利用効果向上検討分科会」および「三次元 CAD 検討分科会」の調査/研究結果を踏まえ、土木における、属性セット利用を検討・整理し、2次元→3次元データ作成（地形データ）、3次元データ取得、3次元単独図の検討を行う。

主に2次元図面および3次元CADを利用した調査・設計段階における生産効率向上と設計精度向上に主眼を置き活動する。また、他分野での3次元データの利用状況を調査し、土木分野における適用可能性について検討を行う。

1-2 分科会委員名簿

CADデータの高度利用検討分科会の委員は表1-1の通りである。

表 1-1 CADデータの高度利用検討分科会委員名簿

役職	氏名	所属
主査	西木也寸志	日本工営株式会社
副主査	畑浩太	八千代エンジニアリング株式会社
委員	有賀 貴志	株式会社コンポート
	大野 聡	株式会社シビルソフト開発
	尾畑圭一	川田テクノシステム株式会社
	笠井厳祐	株式会社建設技術研究所
	川上 雅一	財団法人日本建設情報総合センター
	楠達夫	JR 東日本コンサルタンツ株式会社
	高田 次郎	株式会社 管総研
	田代 則雄	株式会社フォーラムエイト
	得丸昌則	株式会社ダイヤコンサルタント
	平野猛也	株式会社近代設計
	山田 卓	日本工営株式会社

1-3 分科会活動報告

ここでは、CADデータの高度利用検討分科会に関する活動報告を日時、場所、出席者、議題の項目として表1-2に整理した。

表 1-2 CADデータの高度利用検討分科会に関する活動報告

21年度

1. 第 1 回 CAD データの高度利用検討分科会			
日 時	平成 21 年 12 月 15 日（火）13:00～15:00		
場 所	土木学会 C 会議室	出席者	9 名
議 題	1) 昨年度の分科会活動報告について 2) 分科会の名称・活動計画について 3) その他		
2. 第 2 回 CAD データの高度利用検討分科会			
日 時	平成 22 年 3 月 5 日（金）15:00～17:00		
場 所	土木学会 E 会議室	出席者	7 名
議 題	1) 前回議事録の確認 2) 河川工事完成図における高度利用の事例紹介 3) CAD データの高度利用における現状と課題について 4) その他		
3. 第 3 回 CAD データの高度利用検討分科会			
日 時	平成 22 年 4 月 23 日（金）15:00～17:00		
場 所	土木学会 F 会議室	出席者	4 名
議 題	1) 前回議事録の確認 2) CAD データの高度利用における現状と課題について 3) その他		
4. 第 4 回 CAD データの高度利用検討分科会			
日 時	平成 22 年 6 月 1 日（火）15:30～17:00		
場 所	土木学会 D 会議室	出席者	10 名
議 題	1) 前回議事録の確認 2) 3D 単独図長期保存ガイドラインについて 3) モービルマッピングシステムについて 4) 次年度の活動について 5) その他		

22年度

1. 第 1 回 CAD データの高度利用検討分科会			
日 時	平成 22 年 7 月 9 日(金) 15:00～17:00		
場 所	土木学会 C 会議室	出席者	7 名
議 題	1) 前回議事録の確認 2) 活動報告書の構成について 3) その他		
2. 第 2 回 CAD データの高度利用検討分科会			
日 時	平成 22 年 8 月 2 日(月) 13:00～15:00		
場 所	土木学会 D 会議室	出席者	7 名
議 題	1) 土木構造物における Google SketchUp の事例紹介 2) 前回議事録の確認 3) その他		
3. 第 3 回 CAD データの高度利用検討分科会			
日 時	平成 22 年 9 月 7 日 (火) 13:00～15:00		
場 所	土木学会 F 会議室	出席者	7 名
議 題	1) 前回議事録の確認 2) JAMA における前年度の活動概要について 3) 土木分野における 3 次元単独図の適用について 4) その他		
4. 第 4 回三 CAD データの高度利用検討分科会			
日 時	平成 22 年 10 月 12 日 (火) 15:00～17:00		
場 所	土木学会 E 会議室	出席者	7 名
議 題	1) 前回議事録の確認 2) スケッチアップの利用例ーSXF データ取り込み 3) 第 35 回 情報利用技術シンポジウムについて 4) その他		
5. 第 5 回 CAD データの高度利用検討分科会			
日 時	平成 22 年 11 月 9 日 (火) 15:00～17:00		
場 所	土木学会 A 会議室	出席者	7 名
議 題	1) 各業界における CAD への取り組みと 3 次元モデルの特徴 2) 道路設計における CAD の利用と 3 次元データ (尾畑委員) 3) Autodesk Civil3D のビューとレイヤを用いた 3 次元生成 (西木委員) 4) その他		

6. 第 6 回 CAD データの高度利用検討分科会			
日 時	平成 22 年 12 月 14 日（火） 14:00～16:30		
場 所	土木学会 A 会議室	出席者	6 名
議 題	1) MMS の紹介 2) MMS 実車見学 3) 前回議事録の確認 4) その他		
7. 第 7 回 CAD データの高度利用検討分科会			
日 時	平成 23 年 1 月 18 日（火） 10:00～12:00		
場 所	土木学会 E 会議室	出席者	9 名
議 題	1) 前回議事録の確認 2) 3 次元 CAD データの活用のためのオートデスクの最新テクノロジーについて 3) その他		
8. 第 8 回 CAD データの高度利用検討分科会			
日 時	平成 23 年 2 月 15 日（火） 10:00～12:00		
場 所	土木学会 E 会議室	出席者	4 名
議 題	1) 前回議事録の確認 2) 報告書の取りまとめについて 3) その他		
9. 第 9 回 CAD データの高度利用検討分科会			
日 時	平成 23 年 5 月 9 日（月） 15:00～17:00		
場 所	土木学会 会議室	出席者	9 名
議 題	1) 小委員会活動成果報告 2) 小委員会活動評価について 3) 次年度以降の小委員会の継続について 4) その他		

2 活動項目

今回のCADデータの高度利用検討分科会の活動項目は、表2-1のとおりである。

表 2-1 CADデータの高度利用検討分科会の活動項目

	活動項目
1.	2次元データの高度利用
1-1	SXF属性セットの利用例
1-2	2次元から3次元データの作成
2.	3次元データの活用
2-1	土木分野における3次元利用例
2-2	土木分野における3次元単独図

3 活動スケジュール

今回のCADデータの高度利用検討分科会の活動実施スケジュールは表3-1のとおりである。

表 3-1 CADデータの高度利用検討分科会の活動実施スケジュール活動概要

活動項目	2009年度				2010年度			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
1 2次元データの高度利用								
1-1 SXF属性セットの利用例								
1-2 2次元から3次元データの作成								
2 3次元データの活用								
2-1 土木分野における3次元利用例								
2-2 土木分野における3次元単独図								
3 報告書の作成								

4 活動概要

4-1 経緯

建設事業の効率化において、飛躍的に進歩するコンピュータのソフト・ハード技術を効果的に取り込むことは必要不可欠である。その中でも CAD の利用は、そのアウトプットである図面の形態が従来の紙から電子データに変ることにより、技術的には図面のライフサイクル的な活用が可能となった。同時に、紙から電子データとなった図面には、調査・設計・施工・維持管理の各段階における様々な情報を付加することも技術的には可能となってきた。しかし、現段階において、これら CAD による製図も従来の図面と同様に 2 次元的な図形の表現を主としており、このことは、今日のコンピュータが持つ能力を最大限に有効利用しているとは言い難い。

これまで「CAD 利用効果向上検討分科会」では、CAD に関する標準仕様の検討（改定）だけでなく、「CAD を利用したときの効果向上の具体的提案」や「CAD 図面高度利用の阻害となる要因整理」等の現在抱えている具体的な課題や要望について、2 次元図面を前提とした検討を行った。ただし、3 次元図面に関する事項については「3 次元 CAD 検討分科会」等の他組織との連携をはかりながら活動を行った。

また、「三次元 CAD 検討分科会」では、製造業における 3 次元 CAD の利用事例（実例）を基に、建設事業効率化の一手法として、3 次元 CAD の利用方法や導入手法に関する検討を行った。

2009 年度からは、これまでの「CAD 活用分科会」および「三次元データ検討分科会」の活動を統合し、土木における、属性セット利用を検討・整理し、2 次元→3 次元データ作成（地形データ）、3 次元データ取得、3 次元単独図の検討を活動の目的とした。

4-2 2009 年度活動概要

【2009 年度 活動項目】

- SXF 属性セットの利用例
- 2次元から3次元データの作成

4-2-1 SXF 属性セットの利用例

CADデータの再利用における変移を整理するとともに、主に SXF 属性セットが利用されている主な事例を整理し、CADデータの高度利用に向けた課題と問題点を整理した。

4-2-2 2次元から3次元データの作成

2次元図面から3次元の地形データの作成手順などを取りまとめた。

4-3 2010 年度活動概要

【2010 年度 活動項目】

- 土木分野における3次元利用例
- 土木分野における3次元単独図

4-3-1 土木分野における3次元利用例

土木分野における3次元利用例として、以下の事例を整理した。

- 土木構造物における Google SketchUp の事例紹介
- 道路設計における CAD の利用と3次元データ
- MMS の紹介、MMS 実車見学

4-3-2 土木分野における3次元単独図

自動車産業をはじめとする製造業で利用が開始されている3次元単独図を、Autodesk Civil3D のビューとレイヤを用いて作成し、土木分野における3次元単独図の適用可能性について検討を行った。

5 CADデータの再利用における変移

土木分野における CAD データの再利用方法の変移を以下に整理した。以下の整理結果を参考し、本分科会で検討対象とすべき高度利用の範囲を確認した。下表のうち、「CAD データの再利用」「3次元データの再利用」を本分科会の検討範囲とすることとした。

表 5-1 CADデータの再利用における変移

年代	区分	内 容	備考
1984～	CAD データの再印刷	CAD データが保存できることにより、いつでも再印刷して図面の再利用が可能になる。	プロッタの普及
1986～	CAD データの再修正	CAD の機能アップにより、図面を再修正することで、過去の図面の再利用が可能になる。	高解像度ディスプレイの普及
1988～	CAD データの交換	同じ CAD システムを複数導入することにより、データ交換することで、作業の分散を実現し他の人が作成した図面の再利用が可能になる。	ハード・ソフトの低価格化
1990～	CAD データの変換	利用目的に応じた CAD の導入や関連企業等で使用している CAD ソフトとデータ交換するため、予めデータ変換することで、異なる CAD で作成した図面の再利用が可能になる。	CAD ソフトの多様化
1994～	CAD データの再利用	設計計算、GIS、3次元 CAD など 2次元 CAD 以外のソフトの利用が進むことにより、他システムでの CAD データの再利用が可能になる。	関連ソフトの多様化
2008～	3次元データの再利用	GPS、レーザースキャナなどの利用が進み3次元データの取得が容易になることにより、CAD による 3次元データの再利用が期待される。	関連ハードの多様化

6 SXF 属性セットの利用例

現在、主に SXF 属性セットが利用されている主な事例を列举し、各事例の概要と比較結果を整理した。

6-1 道路工事完成図

国土交通省では、2000 年度から 2002 年度にかけて総合技術開発プロジェクト「GIS を活用した次世代情報基盤の活用推進に関する研究」を実施し、その成果を受けて国土技術政策総合研究所では 2003 年度から道路事業における GIS データの利活用、特に大縮尺（1/500 レベル）の道路基盤データを CALS/EC 推進の一環として整備・活用する仕組みについて継続的に研究を進めている。

既に道路施設関係では「道路管理データベースシステム」(MICHI)、道路占用施設では「道路管理システム」(ROADIS)、道路基準点については「道路基準点案内システム」などが稼

動しているが、「道路基盤データ」とは、それらの既存データベースシステムとの役割分担のもと、基盤として構築すべき最小限の共有空間データとして位置づけられるものである。

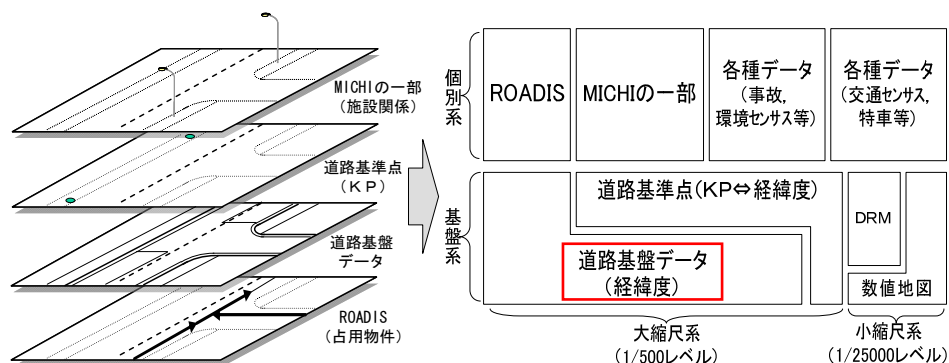


図 6-1 道路 GIS と道路基盤データの位置づけ

CALS/EC のデータフローとしては、道路工事で電子納品される CAD の完成図面を GIS データに変換するソフトを開発し、舗装工事等も含めて適用したことから、道路基盤データの整備が進んだ。

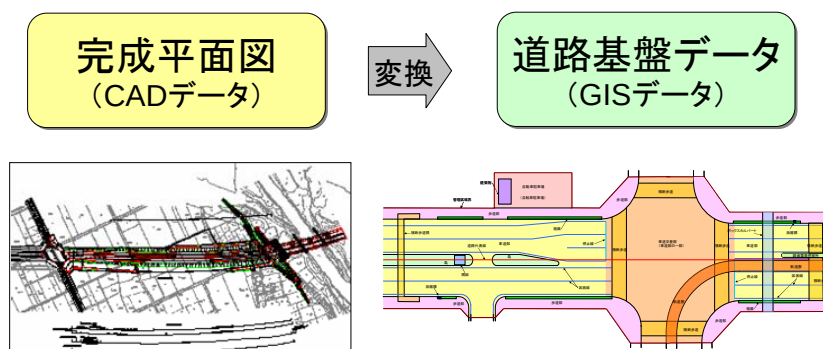


図 6-2 完成平面図を利用した道路基盤データの整備

道路基盤データに関する要件として 2006 年 2 月に国土交通省国土技術政策総合研究所より公開された「道路基盤データ製品仕様書 (案)」では、特に供用性が高く標準として整備すべき基本地物について定義されている。なお、現在、基本地物をベースに新たに地物を追加する場合に参考となる拡張地物を追加した製品仕様書改訂版が検討されている。

道路基盤データは、以下の地物により構成される。

- ・ 道路基本地物：道路面(連続面)を構成する地物等、道路の基本的な地物
- ・ 道路関連地物：道路面または道路構造物の上または内部に設置する地物
- ・ 道路支持地物：道路の構造を支持し、機能を保つために設置する地物

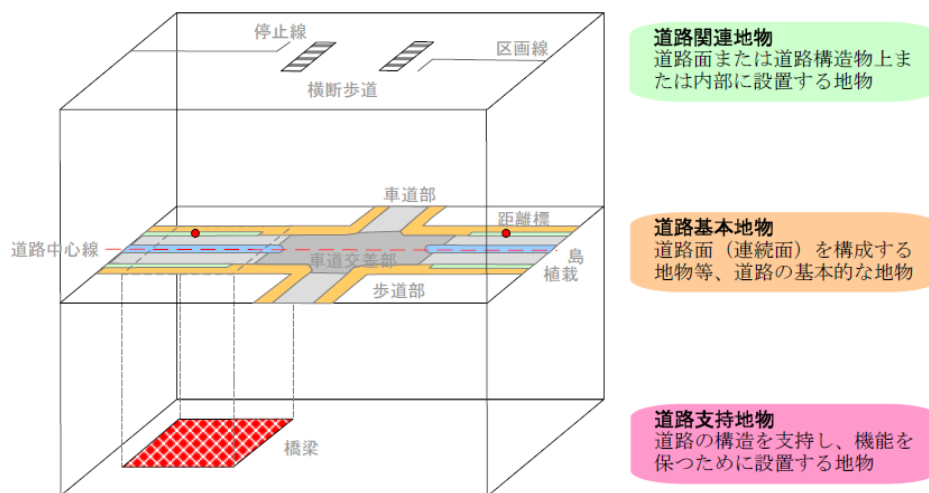


図 6-3 道路基盤データの基本地物の例

また、2009 年度には整備済みの GIS データを CAD データに変換するソフトも開発し、道路基盤データから改修等の工事発注図を作成するデータサイクルの構築を目指している。

なお、道路基盤データの属性データとしては、MICHl で管理されている道路施設基本データとの連携が有効であるため、「道路工事完成図等作成要領」でこれらのデータを電子納品させている。

6-2 河川工事完成図

現在、道路局では、CALS/EC アクションプログラム 2005 に基づいて、「道路工事完成図等作成要領」による工事完成図等の電子納品の本運用を行っている。河川局では、この「道路工事完成図等作成要領」を参考に、河川管理データベースの構築を進めている。

河川工事で作成・提出される工事完成図書の電子成果品を利用したデータベース更新の枠組みを検討し、「河川工事完成図等作成要領」が作成された。また、実証実験において、「河川工事完成図等作成要領」と関連するデータ整備環境について、妥当性を確認している。

(1) 河川管理データベースの特徴

河川では、隠し護岸などの表面に表れていない構造物の表現や土質構造の把握が必要であるため、3 次元的に管理する必要がある。

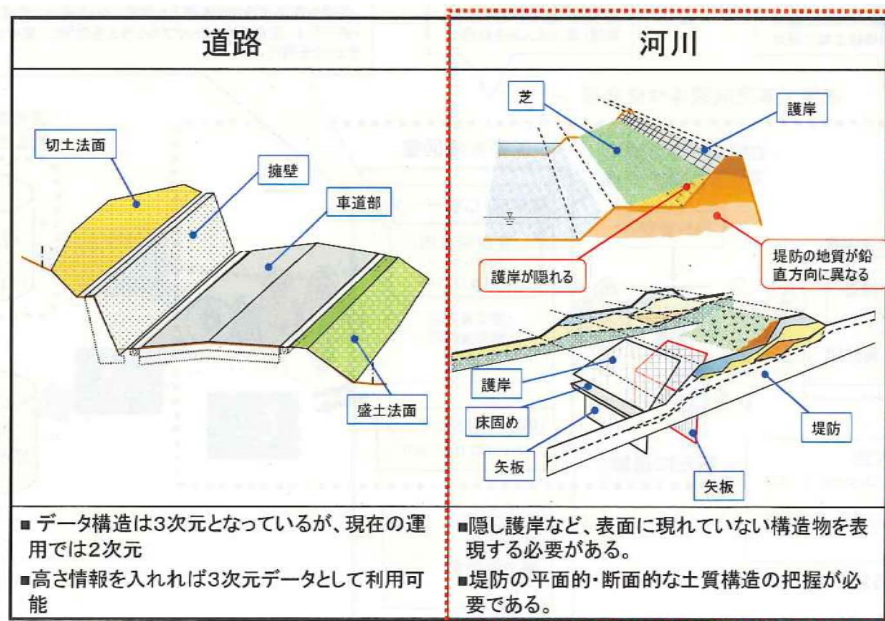


図 6-4 河川と道路の違い～河川は3次元データが必要～

(2) 図面の作成対象項目

図面の作成項目は以下のとおり。

表 6-1 図面の作成対象項目

データを作成する 図面	作成対象項目		図形要素
	分類	項目	
完成平面図	基準線等	平面図基準線	折線, 線分, 円弧
		断面方向線	線分, 折線
完成横断面図	基準線等	横断面基準線	線分, 折線
		標高線	線分, 折線
		横断接合点	点マーカ
		地形線	折線
	地形等	現況堤防法尻	点マーカ
		堤防盛土	ハッチング, 折線, 線分
	河川施設	堤防天端	ハッチング
		地盤改良	ハッチング
		矢板護岸	ハッチング
		法覆護岸	ハッチング
		擁壁護岸	ハッチング
		護岸基礎	ハッチング
		矢板	ハッチング

(3) 工事施設帳票

「工事施設帳票」とは、請負工事に関連する河川施設の諸元等を取りまとめた帳票を指す。この帳票は、工事に関する「基礎情報」データと施設ごとの「施設諸元情報」データを CSV 形式で作成する。

表 6-2 工事施設帳票

データ		データの内容
基礎情報		工事に関する基礎的な情報(発注年度、発注者コード、発注者名、工事番号、工事名称、工期開始日・終了日)と工事対象の河川に関する情報(河川コード、河川名称、河川管理者コード、河川管理者名、座標系番号)
施設諸元情報	地形線データ	河川別、河川管理者別の地形線データのID
	現況堤防データ	工事対象範囲の現況堤防に関する情報(データID、左右岸区分)
	堤防盛土データ	工事対象の盛土工に関する情報(データID、左右岸区分、土質区分)
	堤防天端データ	工事対象の堤防天端工に関する情報(データID、左右岸区分、天端区分)
	地盤改良データ	工事対象の地盤改良工に関する情報(データID、工法種別、細別、規格)
	矢板護岸データ	工事対象の矢板護岸工に関する情報(データID、左右岸区分、笠コンクリート種別、笠コンクリート規格、矢板データ参照ID)
	法覆護岸データ	工事対象の法覆護岸工に関する情報(データID、左右岸区分、法覆護岸種別、規格、護岸基礎データ参照ID)
	擁壁護岸データ	工事対象の擁壁護岸工に関する情報(データID、左右岸区分、工法種別、細別、規格)
	護岸基礎データ	工事対象の護岸基礎工に関する情報(データID、護岸基礎種別、規格、矢板データ参照ID)
	矢板データ	工事対象の矢板工に関する情報(データID、矢板種別、規格)

(4) 3次元データの作成方法

完成平面図と完成横断面図から、3次元データを作成する方法を以下に示す。具体的には、立体化する構造物を対象に、完成横断面図に記された形状を基準となる線に沿って引き延ばすことで3次元データを作成する。(実際に3次元化するの自動変換用プログラム)

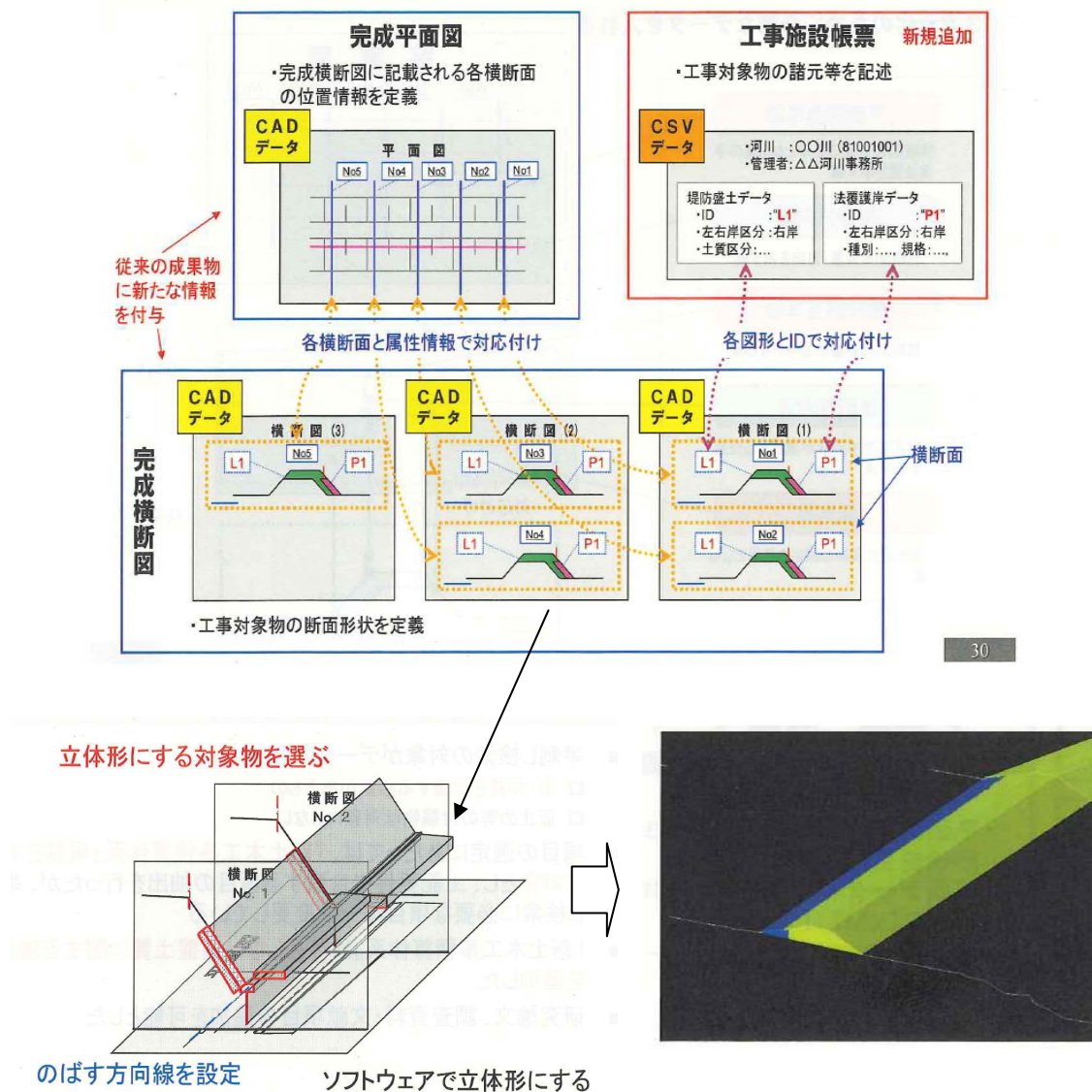


図 6-5 3次元データの作成方法

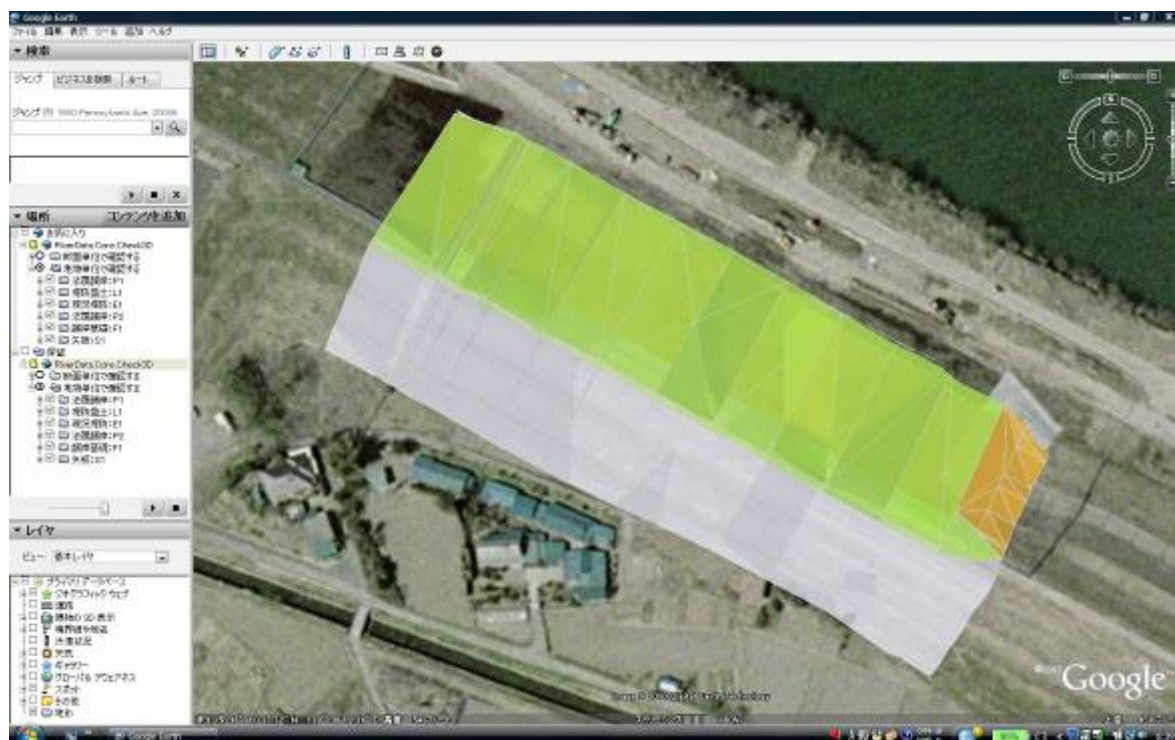


図 6-6 Google Earth における表示例

6-3 下水道のシステム（GIS）

東京都下水道局では、下水道台帳情報システム（SEMIS: SEwerage Mapping and Information System）を SXF Ver.3 の CAD データと属性データで構築し、これをベースに設計と工事でデータリサイクルを実現している。

(1) SEMIS の概要

1985 年度から運用されている公共下水道の建設と維持管理を目的としたシステム。

元々、紙ベースで作業されていた設計作業や工事完了後のデータ更新において、施設平面図や管路図、図書といった紙の資料の収集や、膨大な量のコピー、設計図面の作製などにおいて、受発注者双方において膨大なコストが発生していた。

これに対して、調書の電子化を進め管内の下水道台帳を網羅的に整備している。これにあわせ、電子納品された CAD データを統括管理し、CAD データでの受け渡しを可能とすることで、データリサイクルが実現し、これらのコスト低減を実現している。2000～2001 年度に汎用機から PC サーバ型のシステムに移行している。

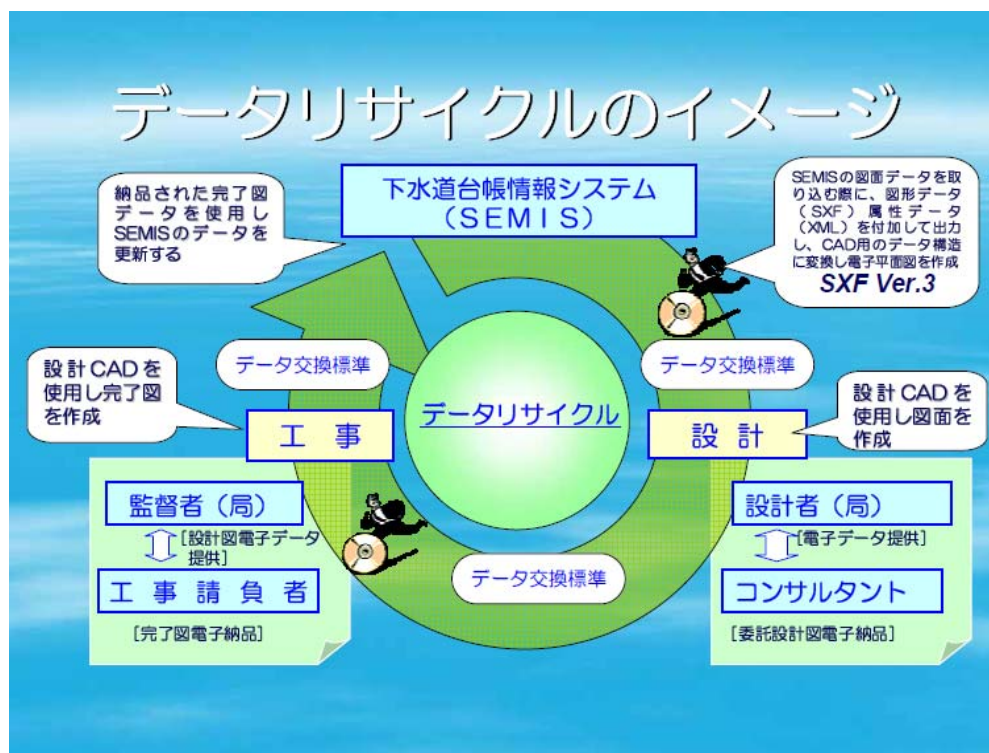


図 6-7 SEMIS を利用したデータリサイクルの流れ

(東京都下水道局 CALS/EC アクションプログラム

<http://www.gesui.metro.tokyo.jp/oshi/inf0306/cals%20ap2007.pdf> より)

(2) SEMIS を利用した利活用の手順

① SEMIS からの CAD データの取り出し

GIS 上の画面から指定した範囲や縮尺を指定し、以下の 3 つを出力し、設計業者に提供する。

- SXF 形式の CAD ファイル (.sfc)
- 台帳の属性情報が登録されている XML ファイル (.saf)
- バージョン情報ファイル (.dtd)

② 設計業者の成果品のチェック

- 設計業者は提供された CAD データを利用する
- 水道局は設計業者から納品されたデータをチェックし、工事業者へ提供
この効果として、図面を電子化するコストが削減される。

③ 工事業者からの成果品のチェックと登録

- 工事業者は提供された CAD データに対して修正などを行い、納品
- 工事業者から提出された成果品を専門部署（施設情報管理課）がチェックして、SEMIS に登録

この効果として、CAD データをそのまま登録できるため、紙の情報をシステムに手入力する手間が削減される。

④ 維持管理段階において必要な情報の登録

専門部署は維持・管理や再利用に必要なデータを追加登録し、管理する。登録されたデータは維持管理の際に利用される。

(3) 取組みの特長

- SEMIS からの CAD データの取り出し
- 下水道台帳を管内全域において全て電子化し、統合管理
- GIS を利用して、地図上からデータ管理
- 標準化された CAD データを利用してデータの貸与・納品をルール化
- データ管理は専門部署が行い、チェックと登録を行っている

6-4 数値地形図データ SXF 仕様（案）

数値地形図データ SXF 仕様（案）は、「公共測量標準図式 数値地形図データファイル仕様」に従い作成される数値地形図（以下「標準図式データファイル」という）を主に設計段階等で有効に活用するために、CAD データ交換標準フォーマットである SXF Ver.3.0 または SXF Ver.3.1（以下、SXF Ver.3.x）のデータに変換するための標準的な方法を定めるもの。

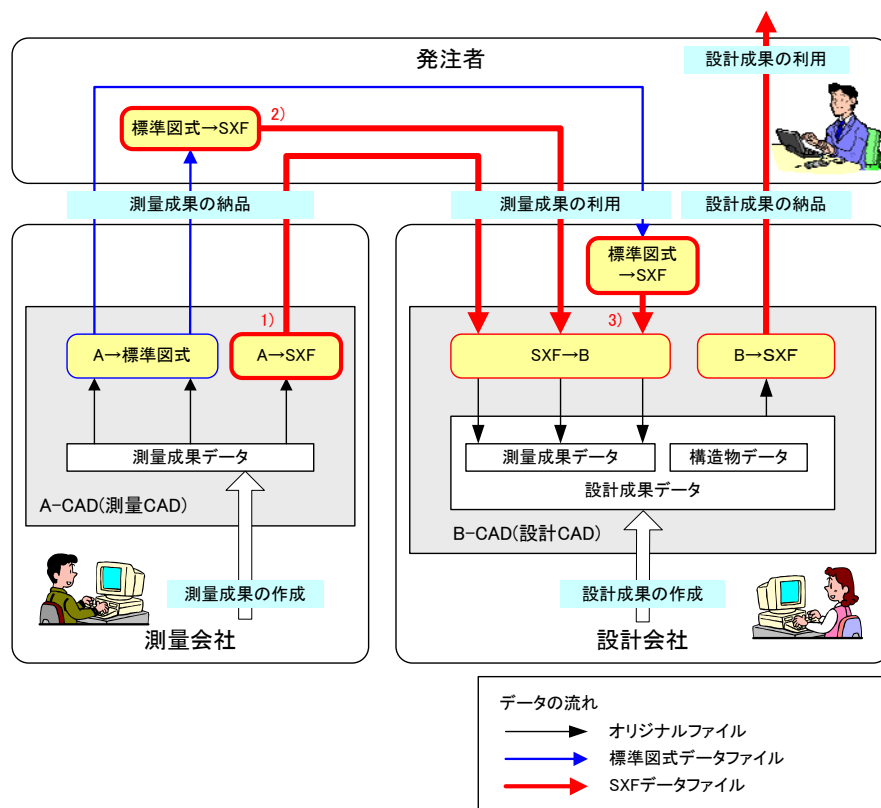


図 6-8 数値地形図データの流れ

数値地形図データ SXF 仕様（案）は以下の構成からなる。

- 標準図式データファイルおよび測量 CAD のオリジナルファイルを、SXF 形式（図形）のデータに変換するための方法を定めた本編
- XML 形式の属性ファイル用属性付加機構を利用し、図形に属性を与える仕組みや取り扱いを定めた属性セット編

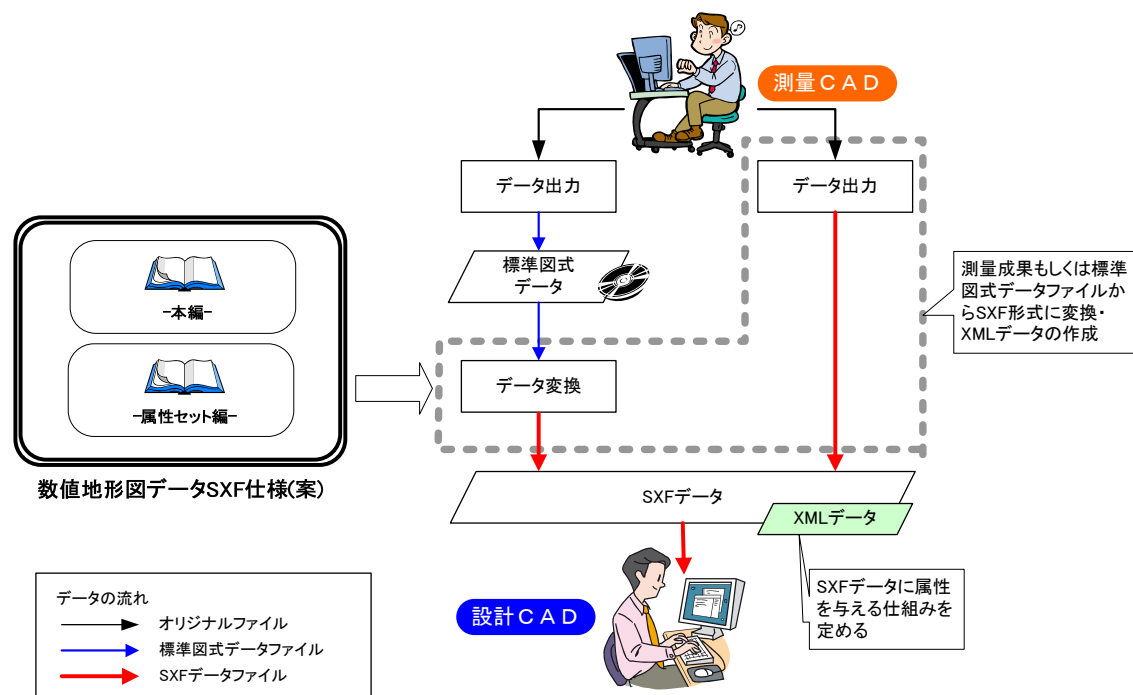


図 6-9 数値地形図データ SXF 仕様（案）の位置づけ

7 2次元から3次元データの作成

7-1 図面から地形データの作成

平面図から3次元の地形データの作成手順などをとりまとめた。

表 7-1 平面図から地形データの作成

No.	項目	作成内容	SXFにおける利用
1	対象データの抽出	図枠、表題欄、注記などの削除	レイヤおよび部分図の利用で抽出
2	座標系の統一	位置、尺度、傾きの統一	部分図の利用で統一
3	点データの3次元化	標高が分かる点の3次元化	等高線の利用
4	等高線の3次元化	等高線の抽出と高さの付加	等高線の利用
5	ブレイクラインの設定	ブレイクラインの抽出と高さの付加	レイヤの利用で分離 横断データの利用
6	TINの生成	生成および修正	図面など複数のデータの 整合

標高が分かる点データや等高線を3次元化する前に、これらのデータの抽出や複数の平面図などを合成する場合は、座標系の統一が事前に必要となる。TINの生成は、ソフトウェアを利用して自動で発生できるが、その他は手作業を伴う。

7-2 現状の課題

2次元図面から3次元地形データを作成する場合、多くの時間を要するが主な要因は次の2つある。

- 必要な図形と不必要な図形を分けるのに時間を要する。
- 複数の図面を合成した時に、不整合が生じた場合の判断に時間を要する。

1つめは、平面図に描かれている等高線やブレイクライン等の3次元座標を持つ図形の抽出に要する時間のことである。特にブレイクラインの場合は、各頂点における高さが図面に示されていない場合が多く、正確な3次元地形データを作成したければ各点の標高を調べる必要がある。

3次元化に必要な図形の抽出は、図形にレイヤを付けて識別することで大幅な時間の短縮が図れる。しかし、現状のCAD製図基準で等高線のレイヤは分かれているが、ブレイクラインについては明確でない。解決策として、ブレイクラインのレイヤを設けることで効率的に作業を進めることができる。

2つめは、例えば平面図の等高線で示される標高と、横断図で示される標高が一致しない場合、どちらの図面が正しいのか判断しなければならない。このため、場合によっては現地で確認しないと分からないこともあり、解決には時間を要することがある。複数の図面を個別に作成・編集していると、人的ミスなどにより完全に不整合を防ぐことは困難である。解決策として、後述する3次元単独図を利用し不整合がある場合に気づき易くなりミスを減らすことは可能である。

8 土木分野における3次元利用例

8-1 レーザースキャナによる取得と3次元CADにおける利用

8-1-1 高精度GPS移動計測装置モバイルマッピングシステム(MMS)

1) 概要

- ・ 走行しながら道路周辺の高精度な3次元座標を効率的に取得できる車載型計測システム
- ・ GPS (3台)、IMU、レーザースキャナ、デジタルカメラを車上ユニットに搭載
- ・ 自己位置 6cm、レーザ計測点の絶対精度：水平 10cm、高さ 15cm、相対精度 1cm

■ MMS-S(220)

- ・ GPS×3、IMU、オドメトリ
- ・ レーザースキャナが前方向きで2台
(毎秒約13,575点×2=約27,150点/秒の計測)
- ・ カメラが前方・路面で2台
(200万画素、最大毎秒10枚/台、距離指定撮影)



トヨタ
アルファード

■ MMS-X(640)

- ・ GPS×3、IMU、オドメトリ
- ・ レーザースキャナが前方2台、後方2台で計4台
(毎秒約13,575点×4=最大54,300点/秒の計測)
- ・ カメラが360度カバーで計6台
(500万画素、最大毎秒10枚/台、距離指定撮影)



フォルクスワーゲン
Golf Touran

図 8-1 高精度GPS移動計測装置モバイルマッピングシステム車両

2) MMS 計測作業～解析・図化までの流れ

<計測作業>

- ・ 初期化走行/計測起点となる FIX 動作 (方位角検定含め 30 分程度)
- ・ 計測作業/運転手、計測員の 2 名で実施。計測速度 20km～80km で計測 (交通規制不要)
- ・ 終了走行/計測終点となる FIX 動作

<解析・図化>

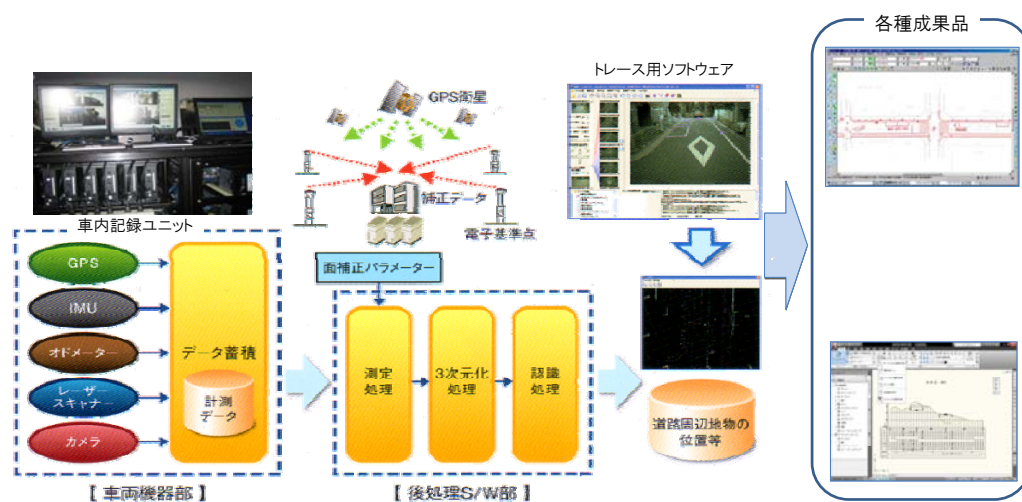


図 8-2 解析・図化の手順

3) 事例 計測レーザーサンプル（大橋ジャンクション）

- 大橋ジャンクション（東京都目黒区大橋）/首都高速 3 号渋谷線と中央環状線を結ぶジャンクション
- *山手通りの地下を走っている中央環状線からの連絡線がループを描き 3 号渋谷線の上まで昇り、そこで都心方面・東名方面に分岐し 3 号渋谷線の本線に取り付く。
- 2010 年 5 月計測
- 計測時間＝約 40 分（トンネル内約 10 分）
- 計測点数＝約 4500 万点

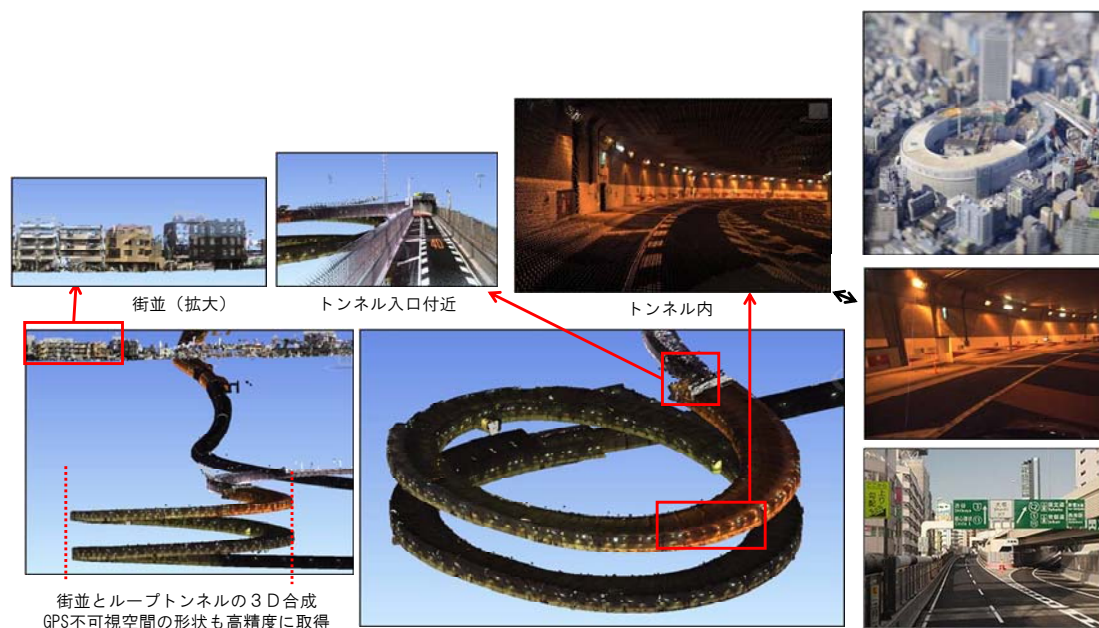


図 8-3 計測レーザーサンプル（大橋ジャンクション）

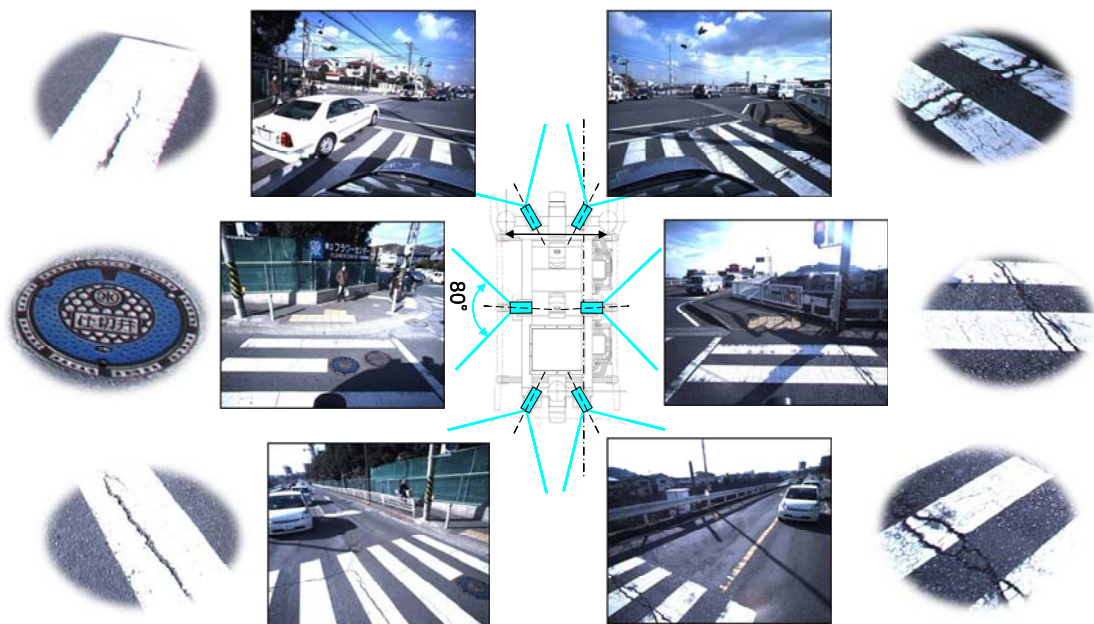


図 8-4 撮影写真サンプル (500 万画素)

8-1-2 3次元 CAD への取り込み

- 大橋ジャンクションの計測データを、AutoCAD Civil 3D へ取り込み。
- 計測データは、路面部分と上部で分割。
- 計測データの点密度および表示上の大きさは変更可能。

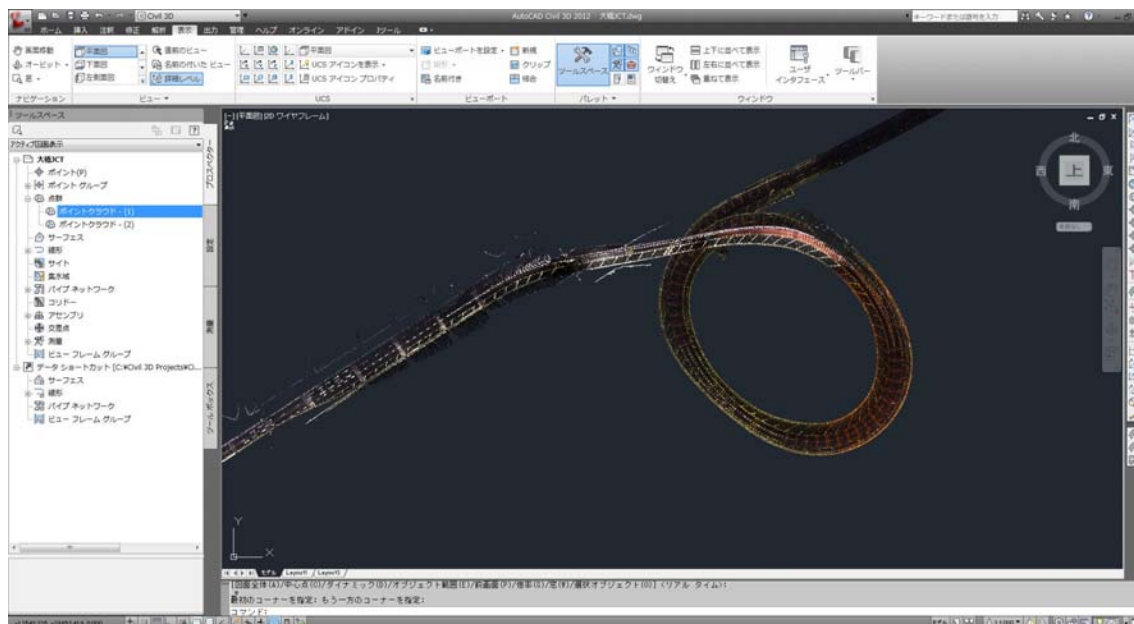


図 8-5 3次元 CAD 上での計測データの可視化 その1

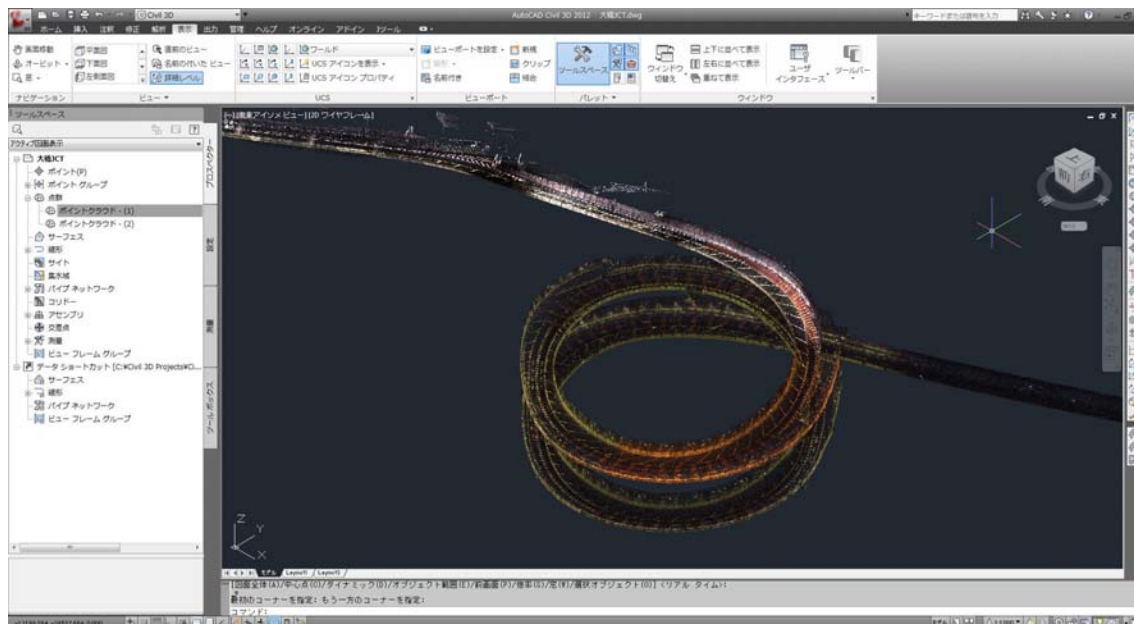


図 8-6 3次元 CAD 上での計測データの可視化 その2

8-1-3 3次元 CAD での図面化

- 取り込んだ計測データよりサーフェスモデルを作成
- 路面の性状を可視化（計測データより路面の繋ぎ目や白線の位置が確認できる）

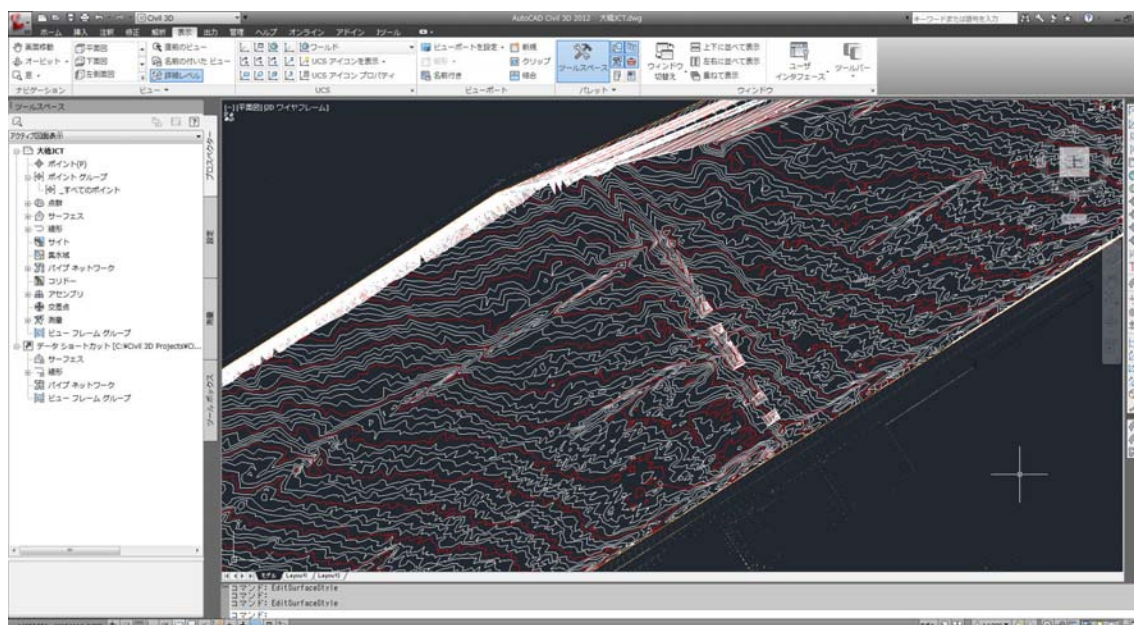


図 8-7 3次元 CAD での路面性状の可視化

- 任意位置での断面図の作成（赤いライン上の断面図を作図）
- 断面位置は任意で変更可能。リアルタイムに断面図も更新される。

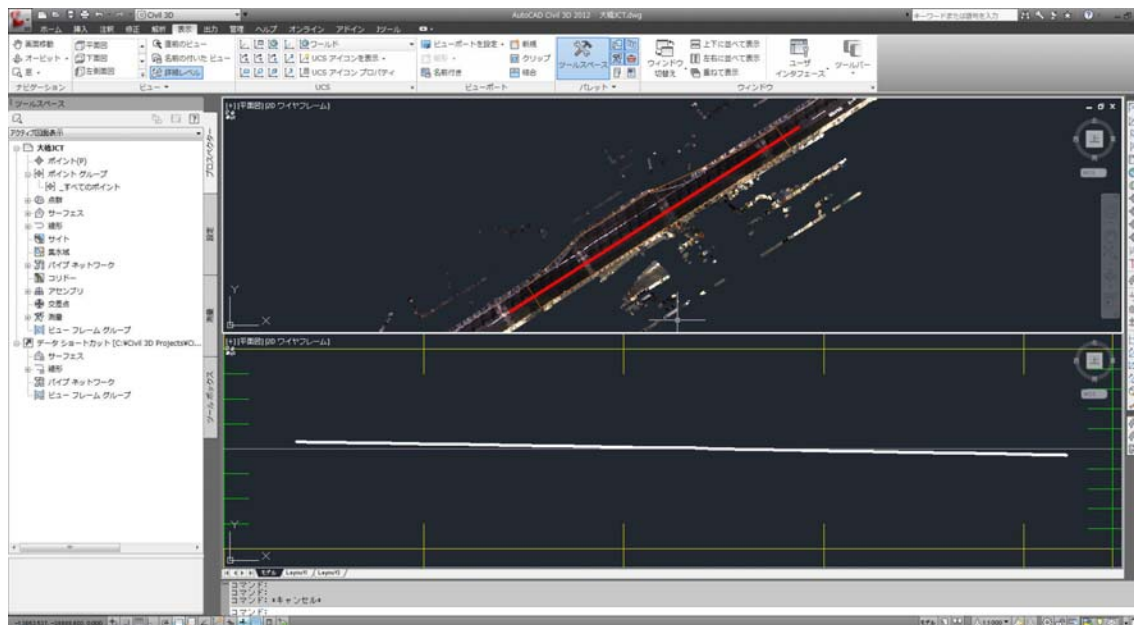


図 8-8 3次元CAD上での任意断面図の作成

8-2 土木構造物における Google SketchUp の事例紹介

8-2-1 SketchUp は 3 次元 CAD と言えるか

2 次元 CAD に必要な機能は、荒っぽく言えば土木製図の場合、mm 単位で対象物の形状描画が行え、寸法や注記の記入ができ、図面として印刷できることである。ドローイングソフトの場合は、形状定義をマウス入力のみで行うため、正確な寸法の図形を定義できないものが多く、これがドローイングソフトと CAD の大きな違いである。

3 次元で物体を扱うには、単に寸法や座標値が x, y, z を持つだけでなく、中身の詰まった形状（ソリッドモデル）なのか、対象物の表面で表現したもの（サーフェスモデル）、形状を表す稜線だけ（ワイヤフレームモデル）なのかという区別が必要になる。最近では対象物の表面を無数の点で表したものも取り扱うようになってきた。

3 次元形状をコンピュータ上で扱う場合、人間がその形を理解するためにはディスプレイモニター上に表示させなければならないが、視点を自由に移動させて表示させることが必須であり、また、隠れる部分を表示させない機能、表面に色や模様を貼り付ける機能が必要となる。また、形状定義の際も、1 点ずつ xyz を手入力することは困難であり、平面形状を掃引する機能や、簡単な物体を組み合わせる機能が必要になる。

SketchUp は一般的な 3 次元 CAD とは異なり、元々、建築系の構造物のラフスケッチを作成するために開発されたものと思われ、線の表現は簡単な実線表現だけでなく、太い鉛筆をフリーハンドで引いたような線で表現することができる。CAD と大きく異なり線種や線の太さは全く操作できないだけでなく、基本的には直線（折線）だけで表現するため、この点では CAD とは言えないかも知れない。しかし一般の CAD で 3 次元構造物を作成するのは非常に大変で、どんな形状ができたか確かめるには別ソフトで表面の色づけをしないと分からないものもある。SketchUp はサーフェスモデルだけをサポートし、面を作成すると標準で表と裏に異なるレンダリングが自動的に行われる。立体形状を作成するために、四辺形、円といった平面形状を掃引する機能があり、掃引してできた面も自動でレンダリングされる。この点で非常に使いやすいソフトウェアと言える。

基本的にはマウス操作を中心として作図するが、正確な寸法が必要な場合は形状定義の際にキーボードから数値を入力することが可能である。また、マウスカーソル点を既定図形の端点、中点等の特異点に吸引する機能もあり、正確な図形を作成することが可能である。

この点においては、SketchUp は使いやすい 3 次元 CAD と言ってもよいと思われる。

8-2-2 SketchUp の便利な点

(1) データ交換

Google SketchUp は無料版と有料の Google SketchUp Pro があり、それぞれ他ソフトとのデータ交換ができる。

- ・無料版では、COLLADA（独自フォーマット）、Google Earth、2D グラフィック（jpeg、png、tiff、bmp）エクスポートできる。

- ・有料版では無料版のほかに以下のフォーマットが可能

2D グラフィックエクスポート

- PDF (.pdf)
- EPS (.eps)
- Epix (.epx)
- AutoCAD (.dwg、.dxf)

3D モデルエクスポート:

- 3DS (.3ds)
- AutoCAD DWG (.dwg)
- AutoCAD DXF (.dxf)
- FBX (.fbx)
- OBJ (.obj)
- XSI (.xsi)
- VRML (.vrmI)

(2) 様々なプラグインの利用

SketchUpには次項で述べるように Ruby 言語を使ったカスタマイズが可能なので、この機能を使って定型的なもの（窓、ドア、階段等）をパラメータを指定するだけで作成できるプラグインが作成されていて、有料／無料で利用可能である。定型物の作成ばかりでなく、特殊なレンダリングを行ったり、AR を実現したりするものもある。

(3) Ruby 言語によるカスタマイズ

SketchUp で、標準でサポートしていない機能を Ruby で書くことができる。エンティティの新規作成や編集などが行え、また、図形に対してユーザー独自の属性を付与したりできる。ユーザー属性の操作は標準では行えないものである。Google SketchUp のホームページに SketchUp のオブジェクトモデルのクラスやメソッドの解説およびサンプルなどがあり、ユーザーが Ruby を使ってプログラムを作り、それを操作メニューの中に埋め込む方法が親切に解説されている。

SketchUp の Ruby 関数には標準 Ruby の関数と同じ名称でも機能が違うものがあるので標準 Ruby に慣れている人には注意が必要である。

8-2-3 SketchUp によるモデリングの例

図 8-9 は 4 径間コンクリートアーチ構造の水路橋である。レンダリングは標準のままで、標準光源位置と面の角度の関係で同じ表面でも多少濃淡の差が出ている。色の濃い面があるが、これは作図の手順の違いで裏面が出てしまったもので、丁寧に作図するなら後から表裏を変更する機能を使って修正すればもっと見やすい図になる。

SketchUp を始めて使った人が一から勉強しながらモデルを作成して 1 週間程度で作成できたものであり、このぐらいのモデルを作成すると、モデル作成では一通りの使い方が覚えらる。

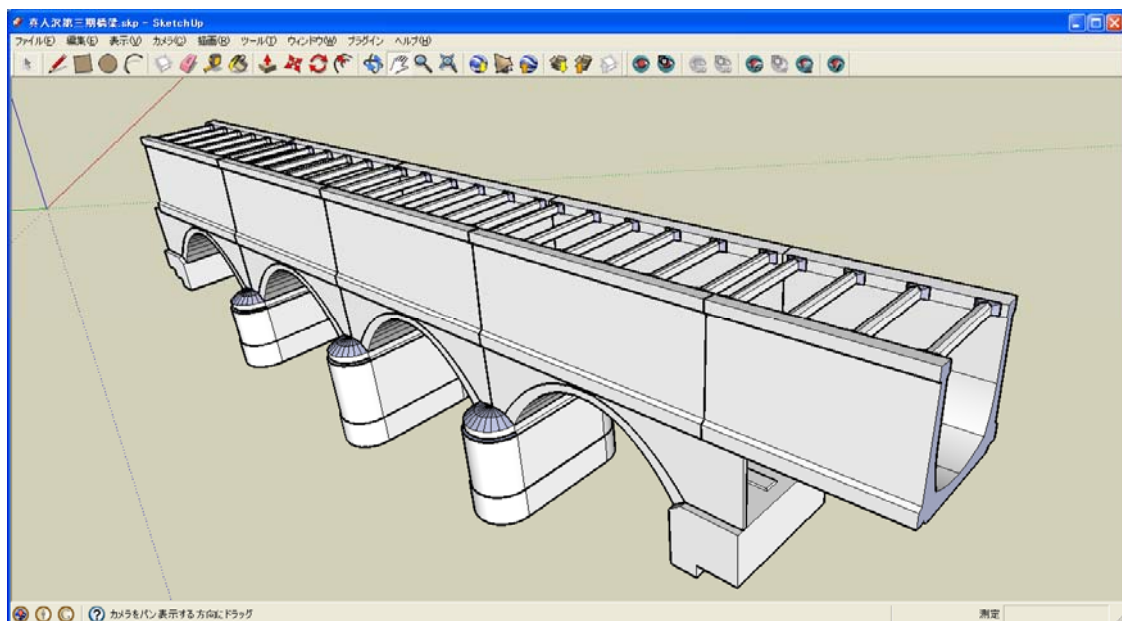


図 8-9 SketchUp によるモデリング例

8-2-4 SXF 地形データの取り込み例

SketchUp には等高線に TIN を発生させ面地形を発生させる機能がある。

土木 CAD 製図基準サンプル図面のうち測量の S0TG001Z.sfc は高さ情報を持った等高線が描かれているので、これを SketchUp に取り込んでみる。図 8-10 は SXF ブラウザでみた元の図面である。

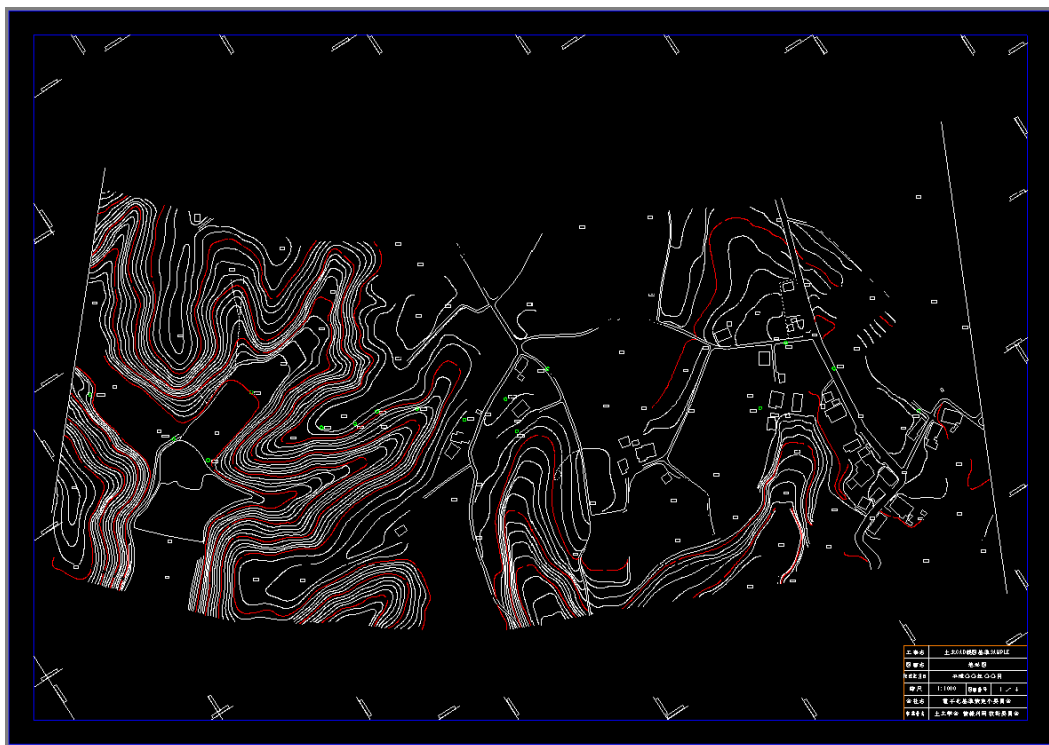


図 8-10 SXF ブラウザでみたサンプル図面

SketchUpにはSXFインポート機能はないので、AutoCADでsfc読み込みdwgで保存、これをSketchUpでインポートした。図には高さが付与された等高線とその他の注記があり、図8-11はSketchUpで等高線のみを選択した状態である。

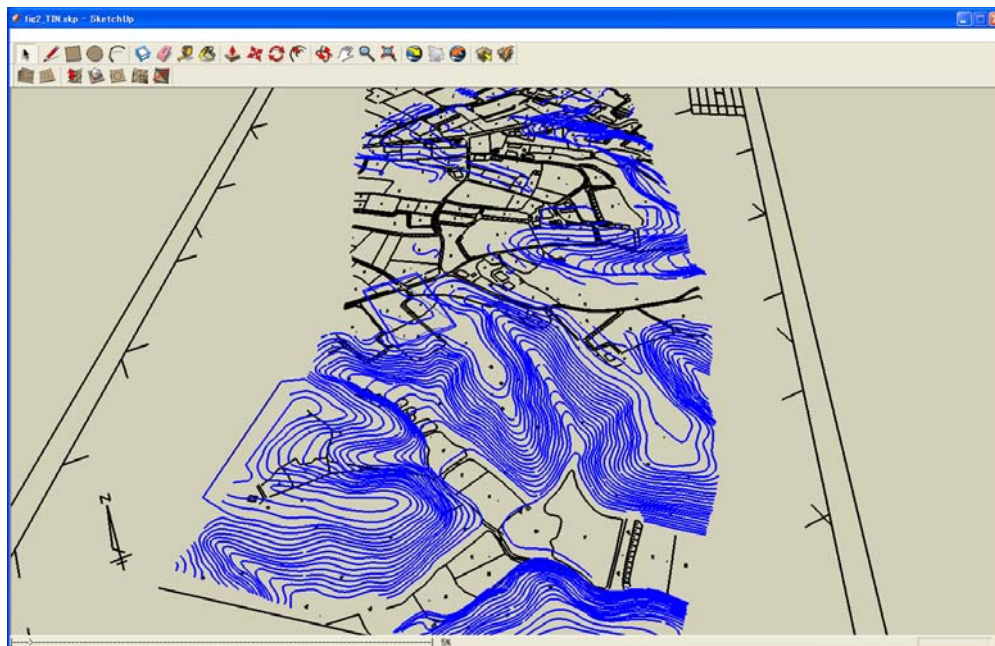


図 8-11 SketchUp での表示

これにTINを発生させると、図8-12のように面表示ができる。等高線が途中で切れていてもそれなりに処理されている。

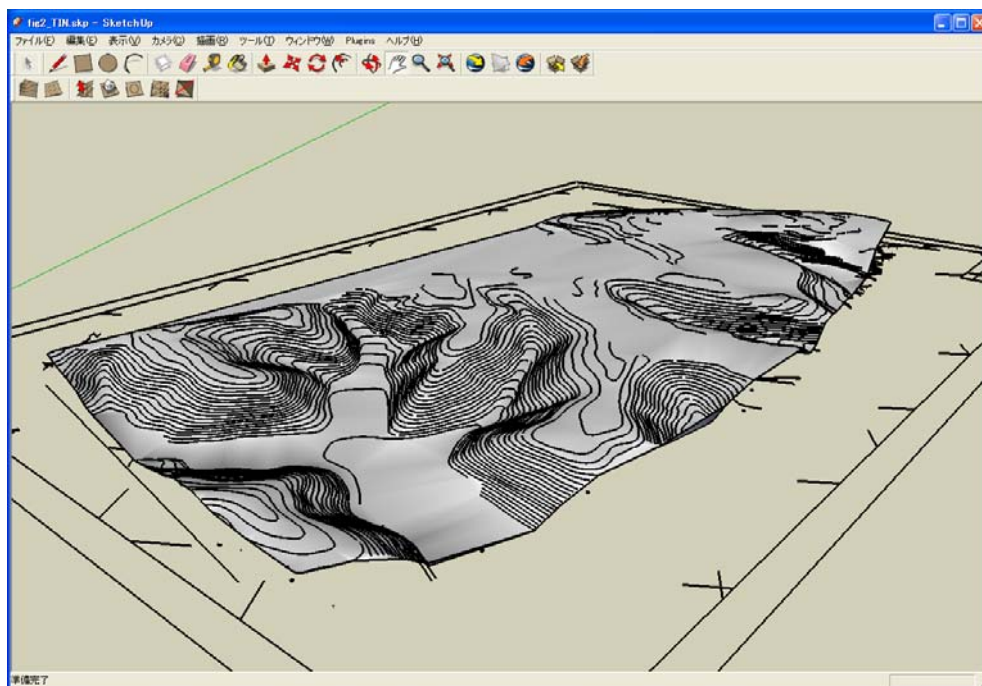


図 8-12 面を張った状態の等高線

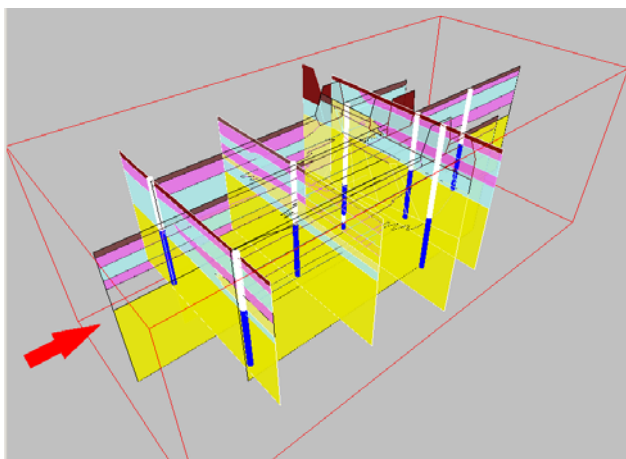
8-3 地質調査業界での3次元CADの動向

8-3-1 地質調査結果の3次元表示

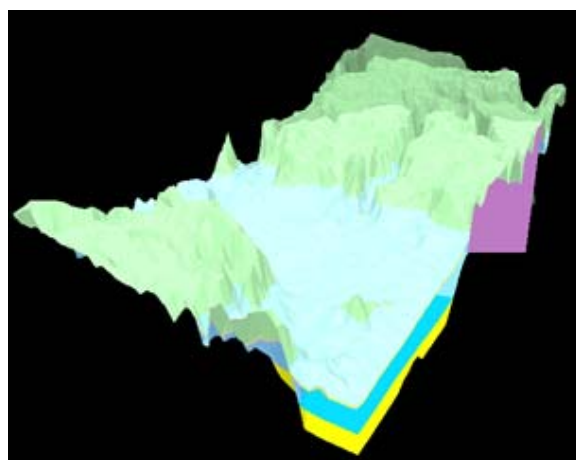
地質調査では、3次元的に広がる地質を表現するため、3次元モデルを作成して表示することが行われている。3次元表示の方法は、パネルダイヤグラム、サーフェスモデル、ボクセルモデルなどの方法がある（図 8-13 参照）。

- パネルダイヤグラム：断面図を断面の位置に立てて並べる方法
- サーフェスモデル：地層の境界面を面情報として表現する方法
- ソリッドモデル：微小な直方体（ボクセル）の集合として表現する方法

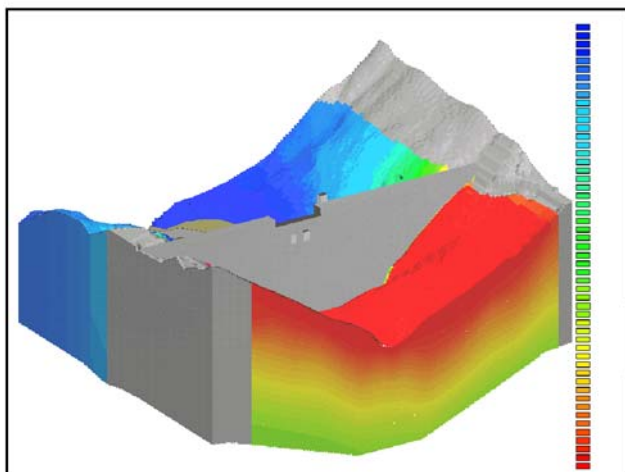
3次元CAD図面としては、表現の容易さ、使用メモリの量などから、サーフェスモデルが用いられる場合が多い。



(a) パネルダイヤグラム



(b) サーフェスモデル



(c) ソリッドモデル

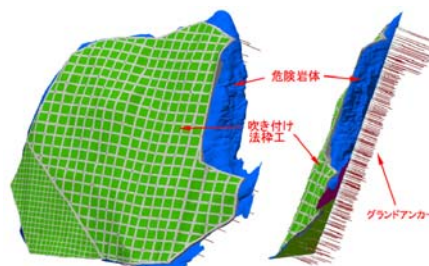
図 8-13 地質構造の3次元表示

8-3-2 3次元CADの利用

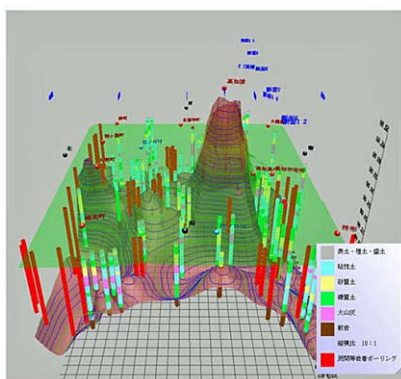
地質の3次元モデルは、地質構造の解析、説明に用いられることが多いが、近年では、3次元CADデータとして、FEMなどの数値解析、土木構造物の設計、防災対策などに用いられるようになってきている。



(a) FEM解析のモデル作成



(b) 斜面崩壊対策工の設計



(c) 地震被害想定用地盤モデル

図 8-14 3次元CADの利用例

8-3-3 今後の課題

地質調査結果を3次元CAD化するにあたっての課題を以下に列記する。

- 地質の3次元モデル作成用ソフトは、比較的高価である。
- 現在流通している地質調査用3次元ソフトは独自にデータ仕様が定められており、互換性が無い。
- 一般に地質調査結果を3次元CAD化するには、多くの工数が必要であり費用が嵩む。
- 地質調査の3次元CADで取り扱われる地層境界面などのデータは、推定で求められており、推定方法により形状が異なってくる。また、境界面の推定精度は場所により異なるが、CAD上で精度を識別することができない。

9 土木分野における3次元単独図

自動車業界をはじめとする製造業では、3次元CADデータを活用した開発形態にシフトしており、3次元モデルを図面に付加する取組み（3次元単独図）が開始されている。ここでは、この3次元単独図の土木分野への適用について検討を行った。

現状の自動車業界では、3次元モデルと2次元図面を併用している。製品形状に関しては3次元モデルを利用するものの、寸法公差などの注釈等を付す際は2次元図面を利用している。これにより、設計工数の増加や3次元モデルと2次元図面との間に不整合が生じるといった問題点が生じている。その解決策として、3次元単独図（3D annotated model）の利用に向けた取り組みが行われている。

現在の土木分野は、自動車業界よりも3次元CADデータの利用は少ないが、将来的に3次元モデルの利用が進むと自動車業界と同じような問題点が発生する。3次元単独図の利用によって問題解決を期待できるが、土木分野に適用させるためには検討が必要である。

自動車業界をはじめとする製造業と、土木分野の図面利用に関する相違点を以下に整理した。この違いが、土木分野における3次元モデルの利用を妨げる要因のひとつに繋がっている。3次元単独図の適用にあたって、この相違を考慮する必要がある。

表 9-1 製造業と土木分野におけるモデルの相違

製造業	土木分野
小さい部品を組み立てて、大きな製品を作る。	大きな地形の中に、小さい構造物を組み込んで作る。
部品を個別に表示して目視確認が可能。	全体がつながっているため、部分的に表示すると目視確認が行いにくい。

9-1 3次元単独図のイメージ

そこで、3次元単独図を土木分野で適用した場合、どのようなイメージになるか検証するため、実際にCADデータを作成してみた。

製造業における3次元単独図に関する規定では多くのことが定められているが、今回は土木分野でも重要視されるアノテーション平面（2次元図面）について作成を行い、3次元モデルの座標系との関係をどのように実現するのか実現方法を検討しながら作成を行った。

対象は、土木分野の特徴を最も表していると思える平面図と断面図を用いたデータとし、作成にあたっては2次元図面作成および3次元モデルの作成が可能なAutoCAD Civil3Dを用いた。

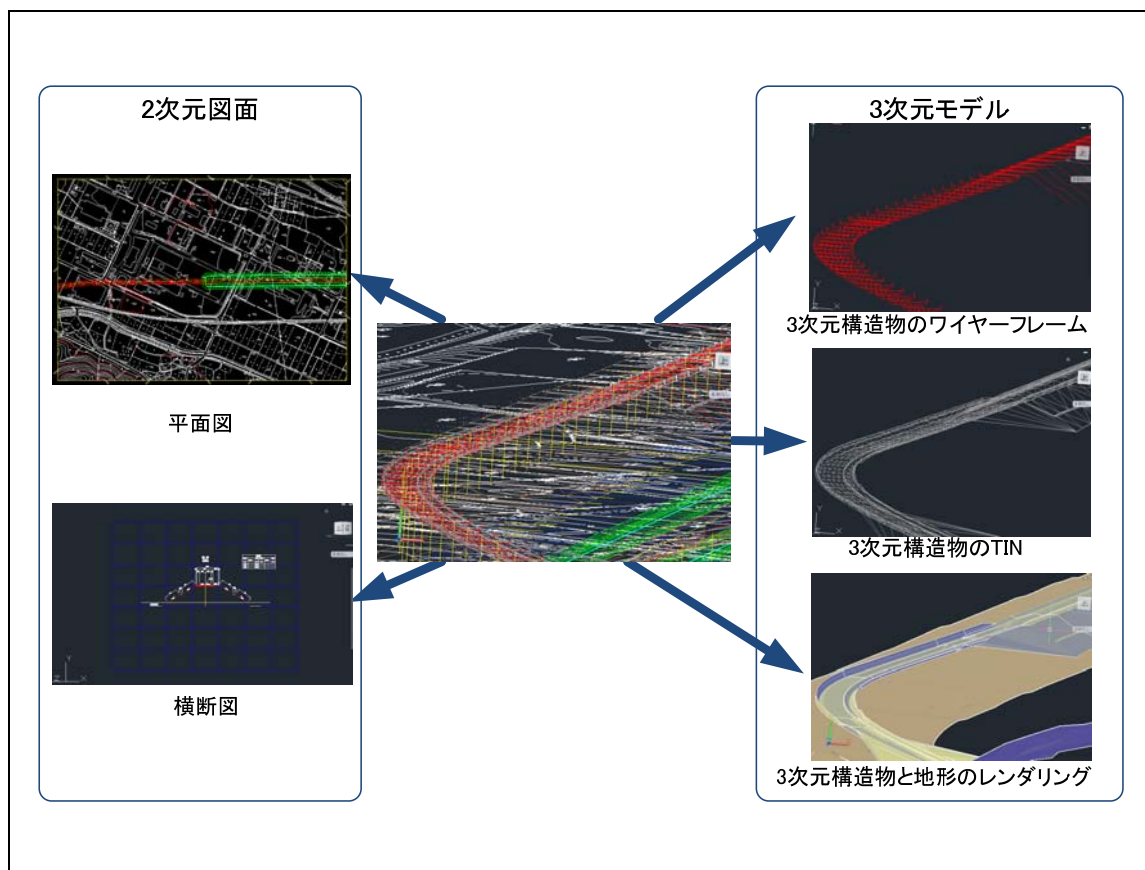


図 9-1 土木における 3 次元単独図の作成イメージ

3 次元単独図は、AutoCAD Civil3D のビュー、ユーザー座標系（UCS）、レイヤの機能を利用して実現するものである（図 9-2 参照）。登録したビューに、その時の UCS と表示されているレイヤの状態を関連付けることが可能であり、この機能を利用してアノテーション平面（2 次元図面）と一体化した 3 次元モデルを構築し 3 次元単独図の実現ができる。

この 2 次元図面と一体化した 3 次元モデルは、ビューで切り出された 2 次元の図を入力・編集することで 3 次元のデータとすることができる。

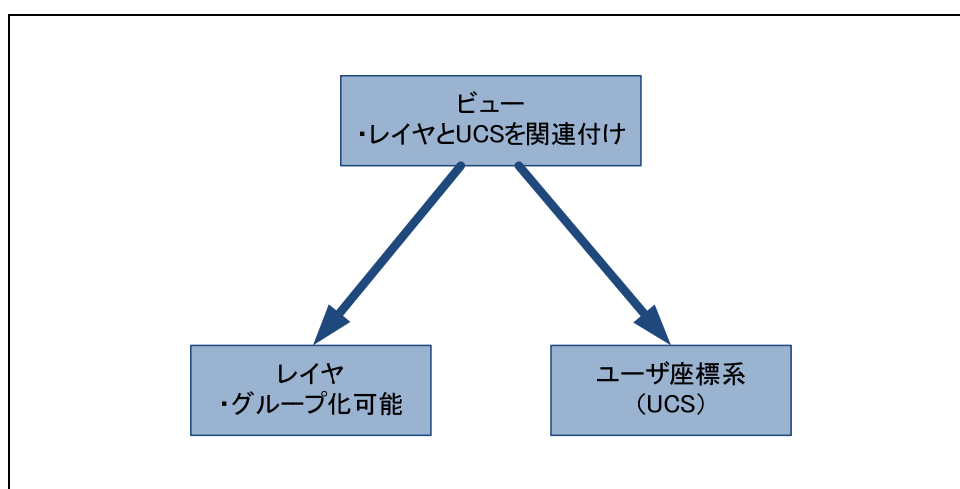


図 9-2 ビュー、レイヤ、UCS の関係

9-2 3次元単独図の作成手順

図面から3次元モデルを作成する際は、新規で作成する場合と、既存の図面を結合して作成する場合では少し方法が異なる。本節では、必要に応じて新規の場合と、既存の場合の違いを説明しながら基本的な作成手順を説明する。

9-2-1 対象データの抽出

図面から対象となるデータを抽出する。例えば、平面図の場合は図枠や表題欄などを取り除いて対象データを抽出する。また、1つの図面に複数の図（例えば、平面図と縦断面図、複数の横断面図）が含まれることがあるので、それぞれ分離して3次元モデルを構築する必要がある。

なお、用紙ごとに分割された平面図の様に、複数の図面で1つの図を示す場合は結合する必要がある。（但し、必ずしも事前に結合する必要はない。3次元モデルを構築する段階で結合しても構わない。）

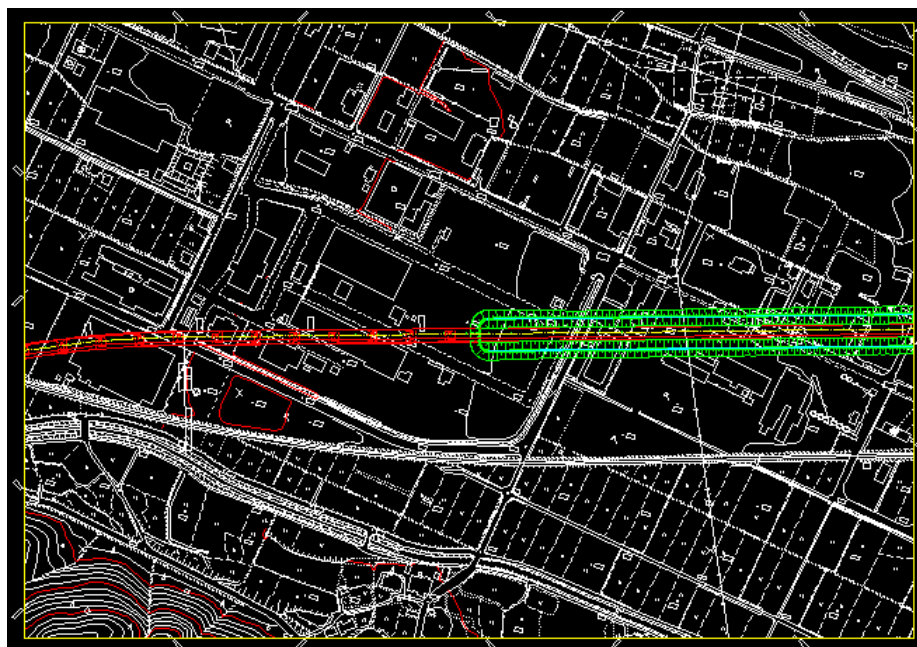


図 9-3 平面図と対象データ

9-2-2 座標系の統一

対象となる図を結合する場合は、事前に座標系を統一する必要がある。必ずしも公共座標である必要はないが、尺度や単位を合わせる必要がある。新規で図面を作成する場合は事前に決めておけば良いが、既存の図面を用いる場合は、それぞれの座標系を確認し異なる場合には図形を伸縮させて合わせる。

図 9-4 の横断面図も、基準とする尺度に統一し平面図など他の図面と整合させる。

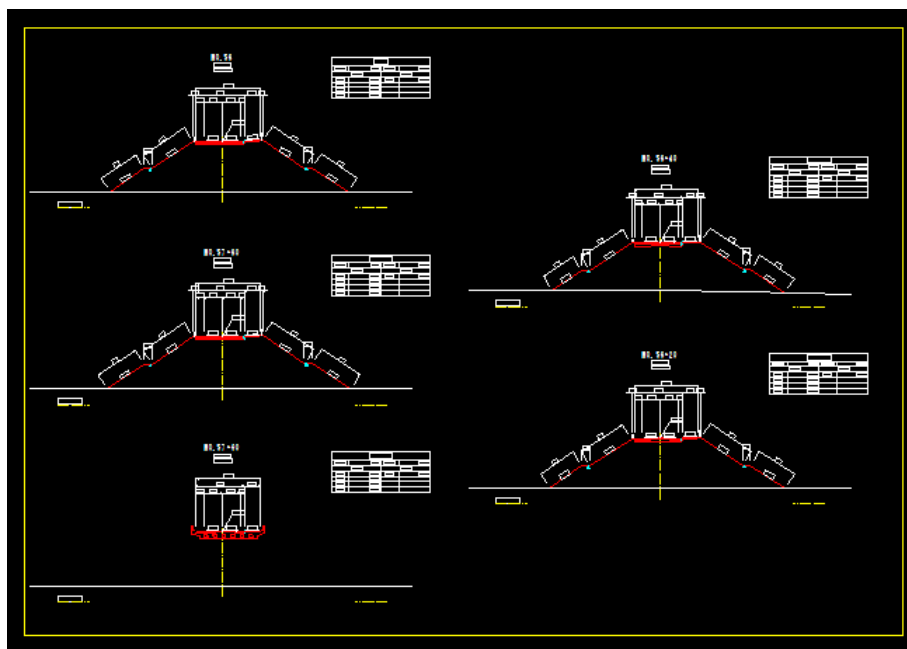


図 9-4 平面図と尺度が異なる横断面図

9-2-3 横断基準面(アノテーション平面)の作成

横断面図を配置するアノテーション平面を作成する。横断方向を示す基準線を押出すことによって基準面が作成できる。またアノテーション平面ごとに UCS を設定する。

既存の図面を利用する場合は、横断の基準線が描かれてない場合が多く、道路中心線および測点から、横断方向を示す基準線を作成する必要がある。

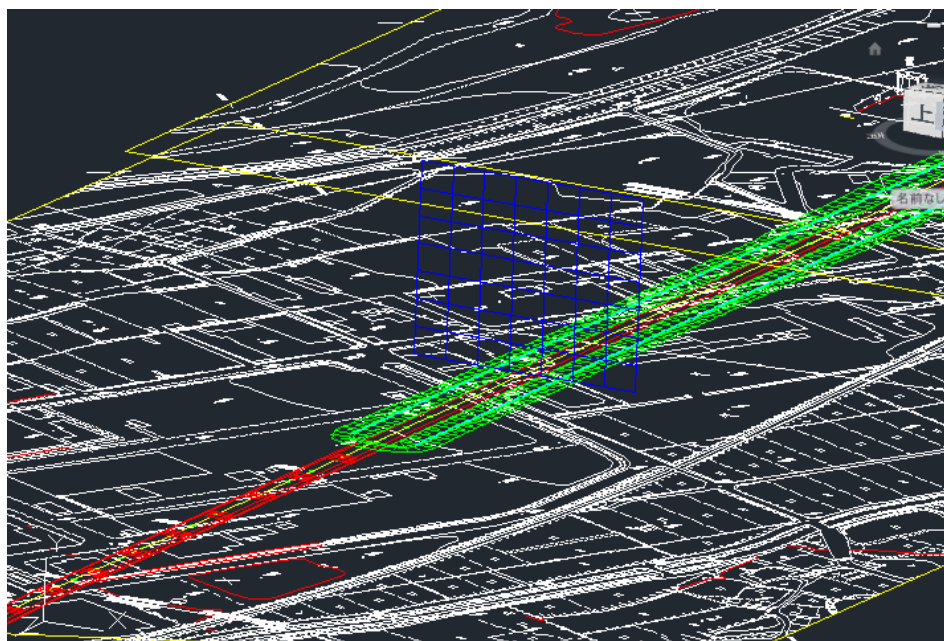


図 9-5 平面図と横断基準面

9-2-4 レイヤの登録・変更

新規で作成する場合は、図面や3次元モデルを示すように、アノテーション平面ごとに細分化されたレイヤを登録しておく。また、これらのレイヤは数が多くなるのでフィルタを利用してグループ化しておく。

また、複数の横断面図を1つのデータに結合させると、ビュー毎に各横断面図を表示することができない。そのため既存の図面を利用して3次元モデルを作成する場合は、結合させる前にレイヤ名を変更しておく。

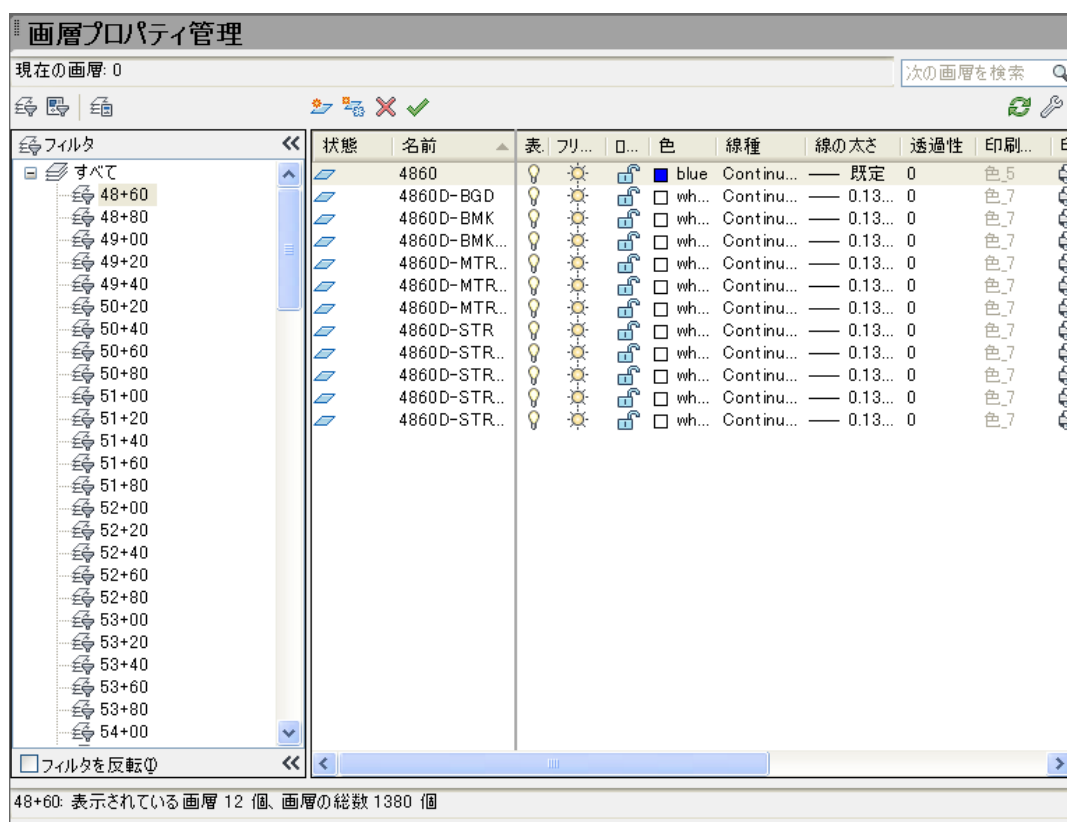


図 9-6 レイヤ管理のダイアログ

9-2-5 ビューの登録と横断面図の作成

横断面図を新規で入力または編集する際は、該当する横断面図のレイヤおよび UCS を設定して行う。この時、図 9-7 のようにレイヤの表示の有無と UCS をビューとして登録しておく。

既存の横断面図を張り付ける場合は、図 9-8 で示すように横断面図の DL と中心線の交点を、平面図の中心線と横断基準面の交点にスナップさせて配置する。

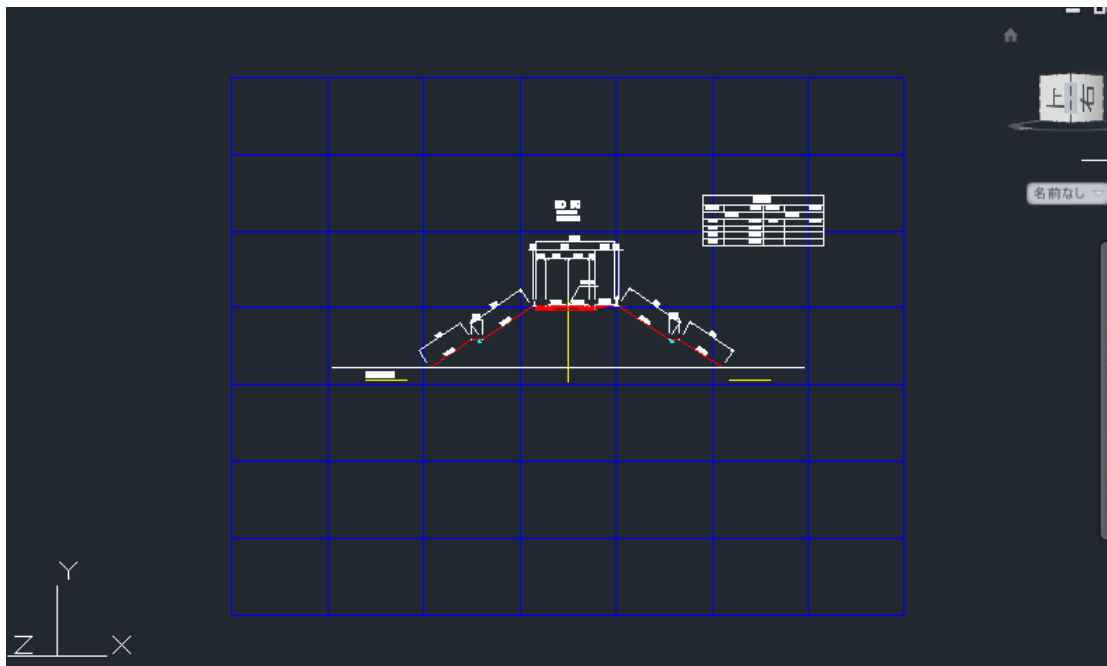


図 9-7 横断面作成のビュー

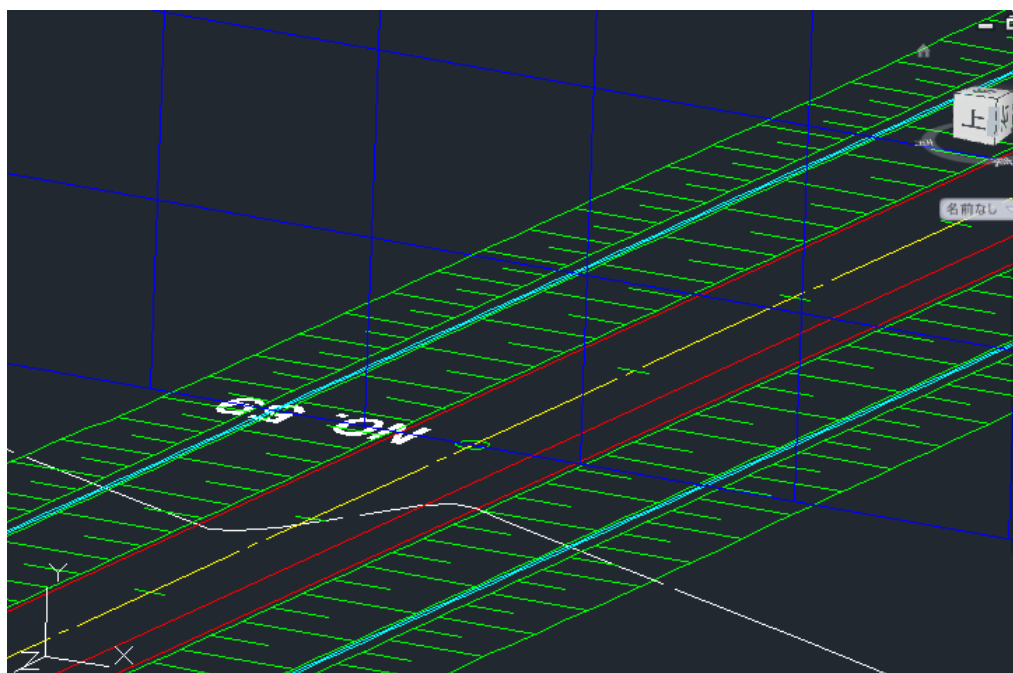


図 9-8 横断面の平面図への配置基点

9-2-6 3次元モデルの作成

レイヤを切り替えて、各横断面に含まれる 3 次元モデルの対象となる図形だけ表示し、AutoCAD Civil3D のサーフェスの機能を利用して TIN を作成する。

(図 9-9、図 9-10、図 9-11 参照)

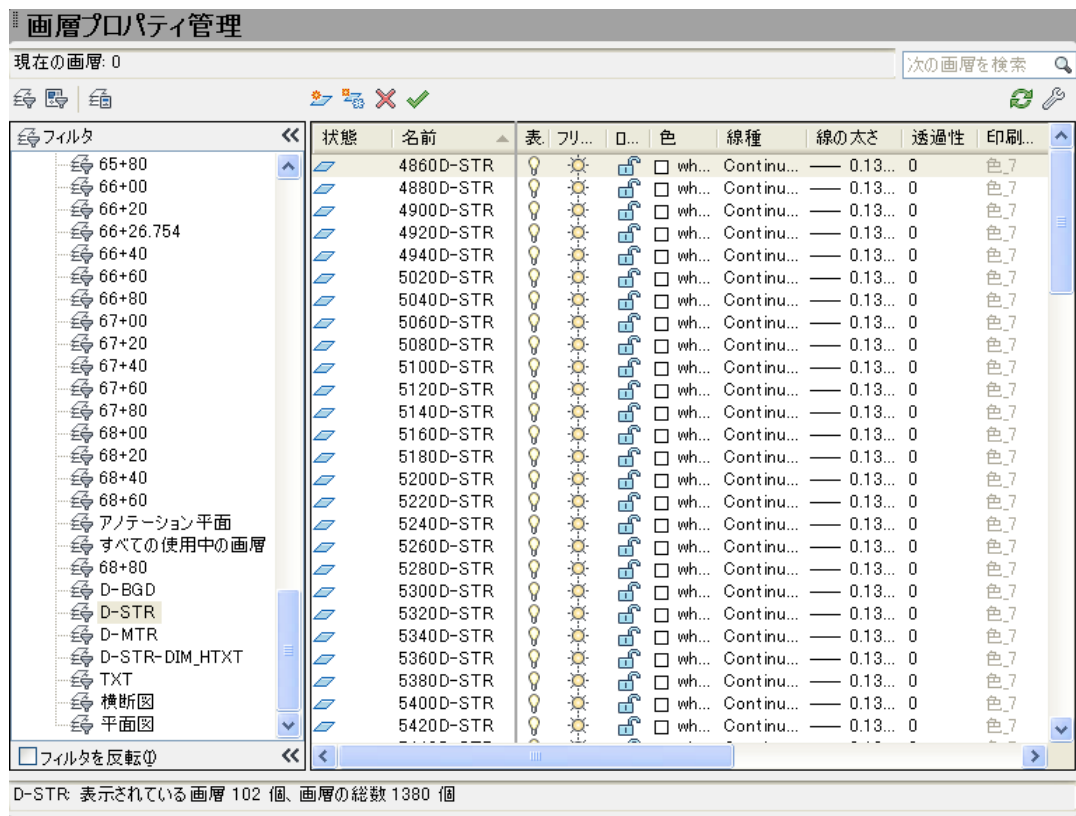


図 9-9 3次元モデルの対象レイヤ

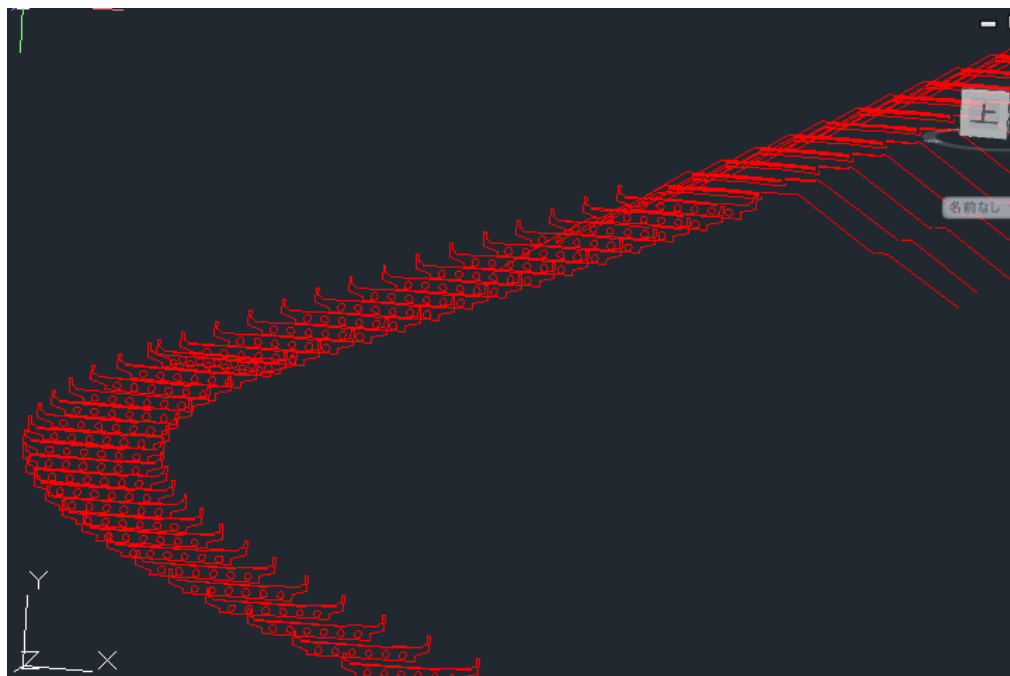


図 9-10 3次元モデルの対象図形

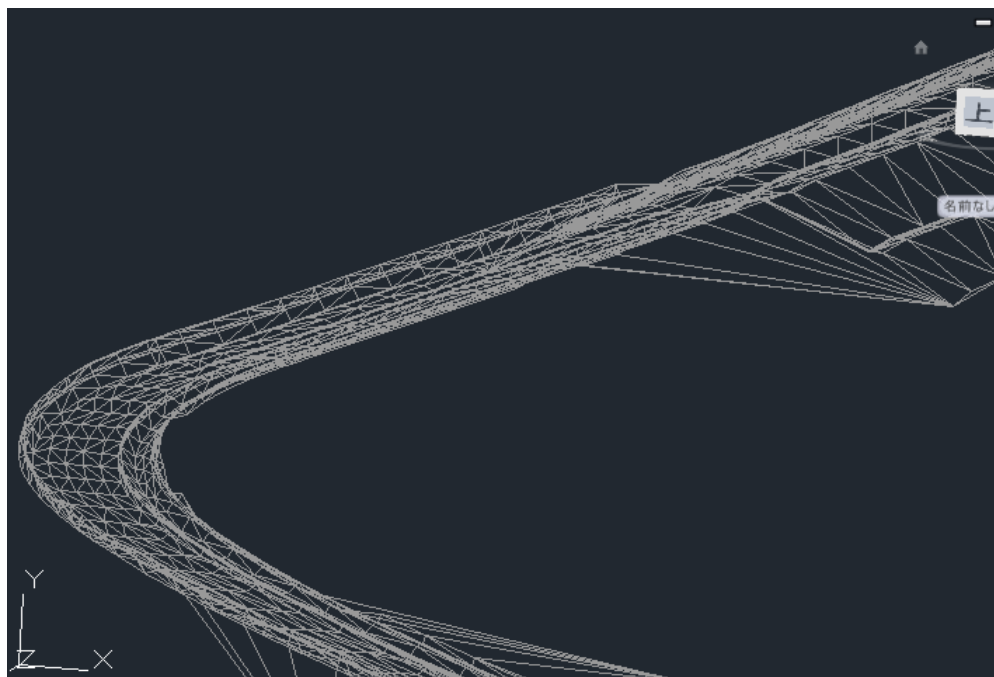


図 9-11 3次元対象レイヤの図形から生成された TIN

3次元モデルの対象となる図形のレイヤを複数登録すれば、図 9-12、図 9-13 のような 3次元モデルや、現況と計画、地層などの 3次元モデルを表すことができる。

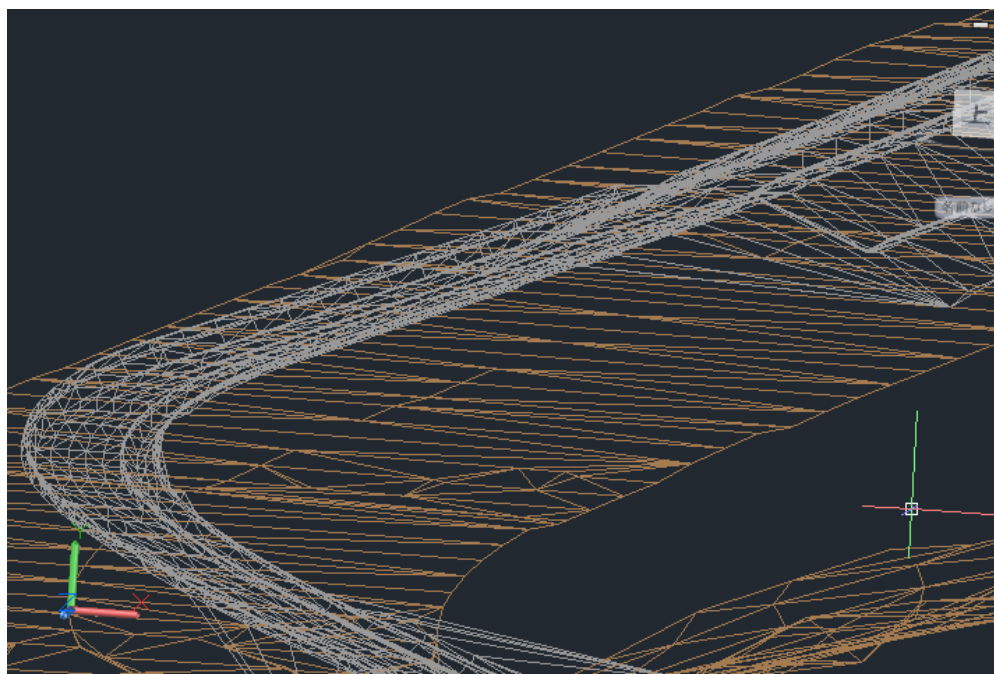


図 9-12 2つの3次元対象レイヤ（構造物と地形）から生成された TIN

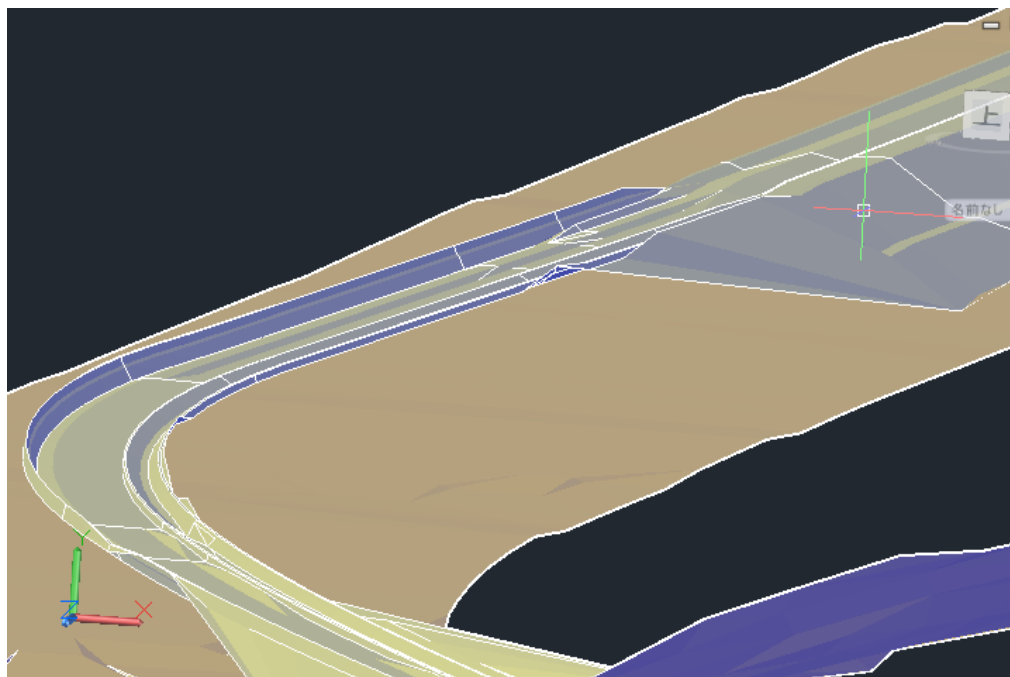


図 9-13 3次元モデルのレンダリング表示

最後に、2次元図面と3次元モデルの全体を表示した例を、図 9-14 と図 9-15 に示す。

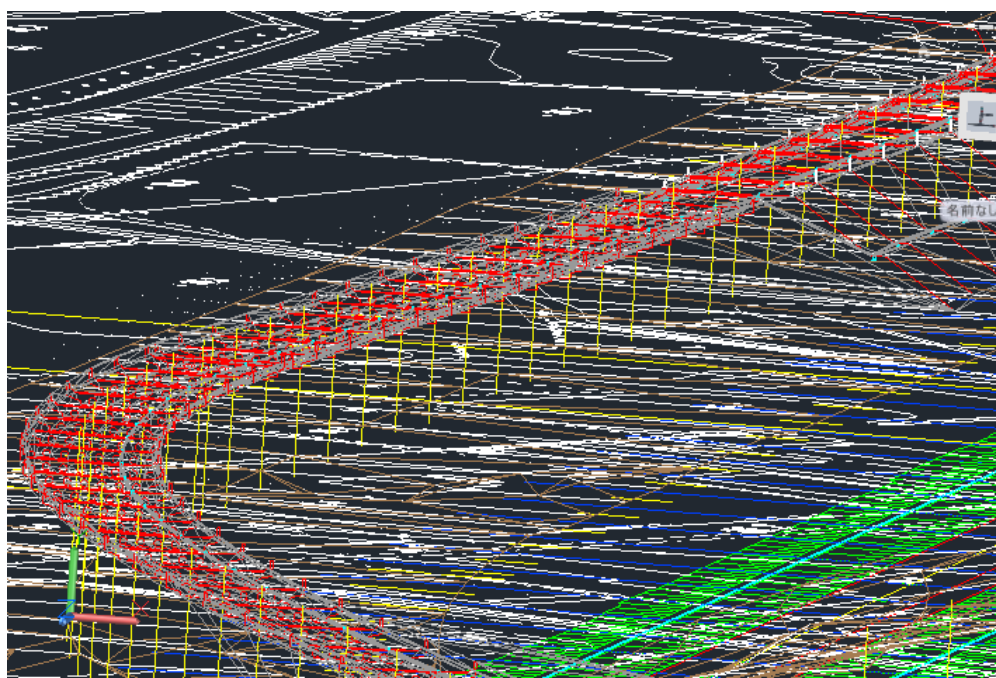


図 9-14 2次元図面と3次元モデルのワイヤーフレーム表示

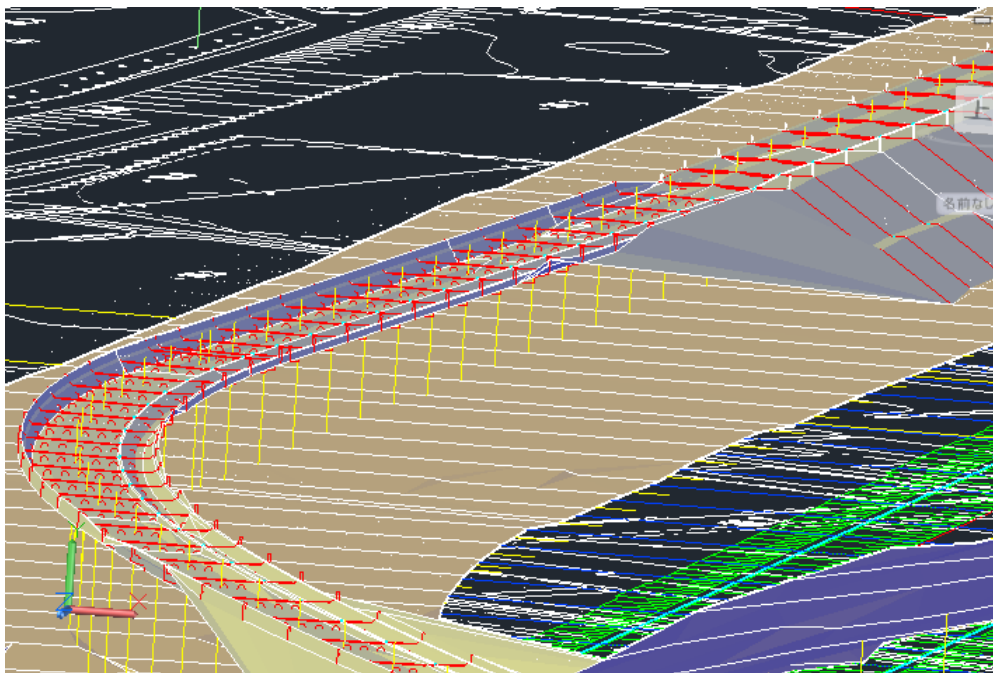


図 9-15 2次元図面と3次元モデルのレンダリング表示

9-3 検証結果と課題

今回作成した3次元単独図のデータは、「河川工事完成図等作成要領」のサンプル図面を基にし、地表面と水面について3次元のTINを生成した。断面図に描かれている図形を3次元にしたい面ごとにレイヤを分ければ、何層ものTINを容易に生成できる。そのため地表面だけでなく、地層なども表し、2次元の図面と一体化したモデルを構築できる。

予め作成された平面図と断面図を基にし、3次元単独図のデータとして作成に要した時間は、16時間程度である。利用したCADは3次元単独図の作成に特化した機能がないので、単純な作業を繰り返し行ったが、今後機能が実装されれば作業効率が上がる。今回作成したデータは平面図が3枚、断面数が100程度のデータである。対象データが少ないと簡単に作成できるが、ファイルサイズの増加や、それに伴うCADの処理速度の低下などでスムーズに進まない場合があり、作業環境として高性能なコンピュータが必要になる。

他にも、実用に向けて問題が残っていると思われるが、今回作成した3次元単独図のモデルは、2次元図面を基にして3次元を構築するので、予めユーザー座標系の設定を行えば2次元図面と同じ感覚で、各断面のアノテーション平面を作成することができる。そのため本格的な3次元の利用前の過渡期において、十分効果的な役割を果たす可能性がある。