

国土交通省

社会資本整備審議会・交通政策審議会 技術部会

分野横断的技術政策ワーキンググループ

# 技術の社会実装について (デジタル技術)

2024/07/04

京都大学大学院

工学研究科社会基盤工学専攻

須崎 純一

# 内容

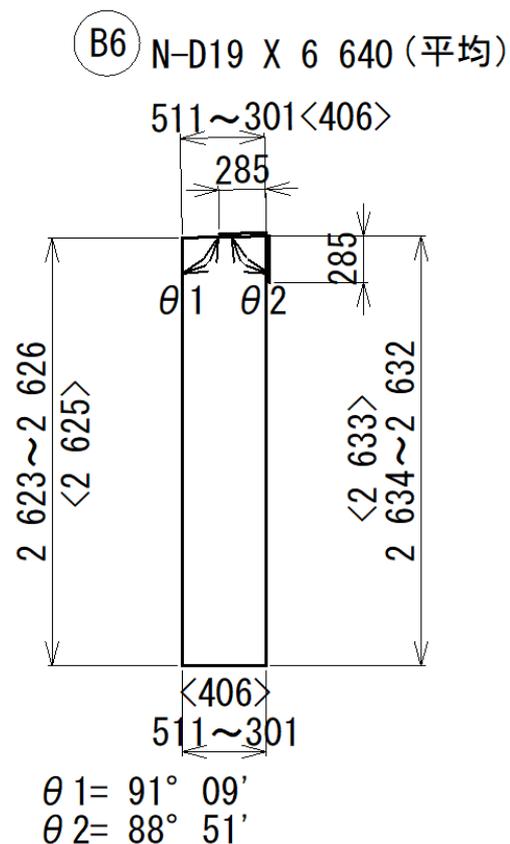
## 建設業務に関する三次元データの作成、 流通、管理の現状と今後の可能性

1. BIM/CIMにおける三次元データの流通を妨げる要因と対策案
2. 三次元データに求められる精度
3. 測量業務における衛星画像の活用

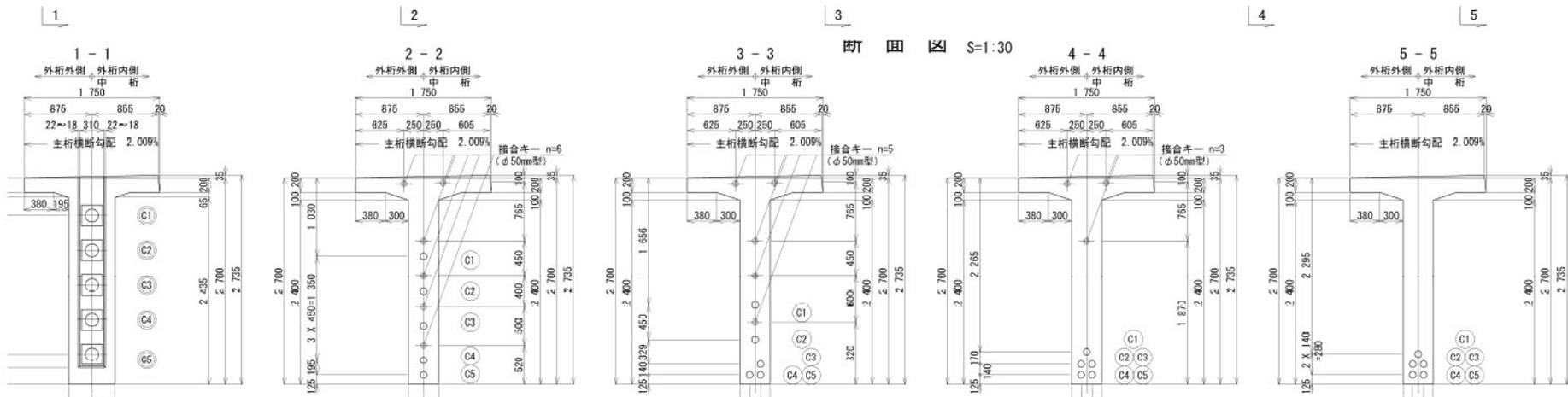
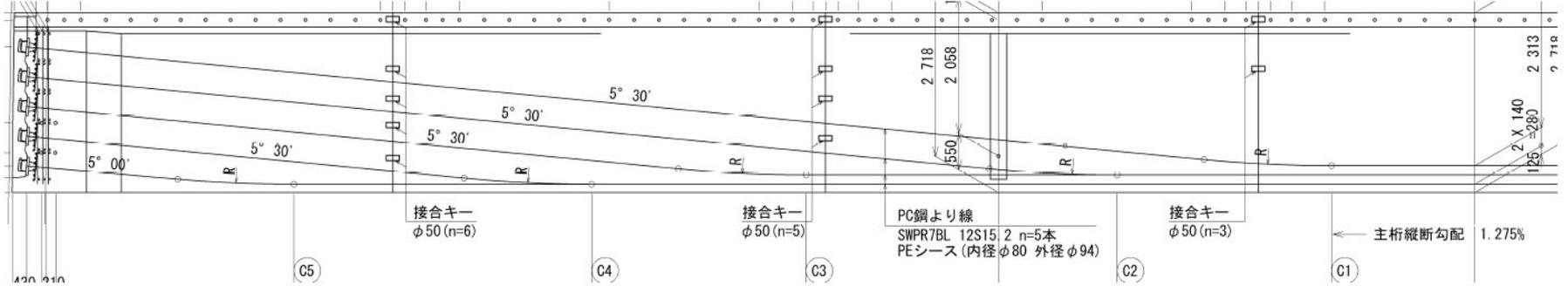
# (1) BIM/CIMにおける 三次元データの流通を 妨げる要因と対策案

1. 設計段階のBIM/CIMモデルの必要性
2. 配筋は誰が決めるべきか
3. 建設コンサルが作成したBIM/CIMモデルが  
施工で使えないとする施工会社がいる理由
4. 解決に向けて
5. 図面からの三次元データ生成

# 設計図の違い

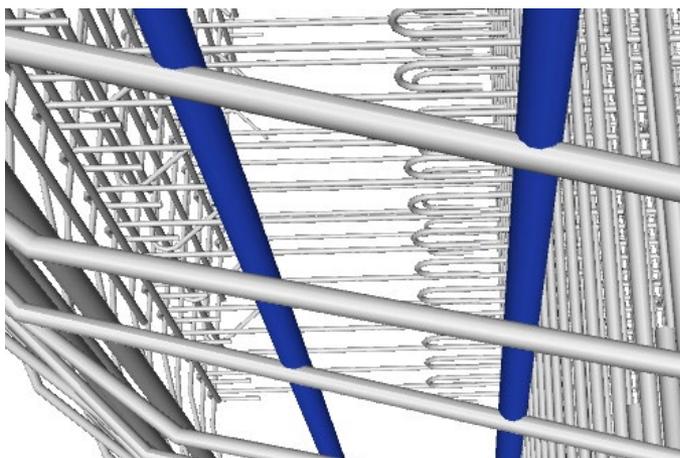
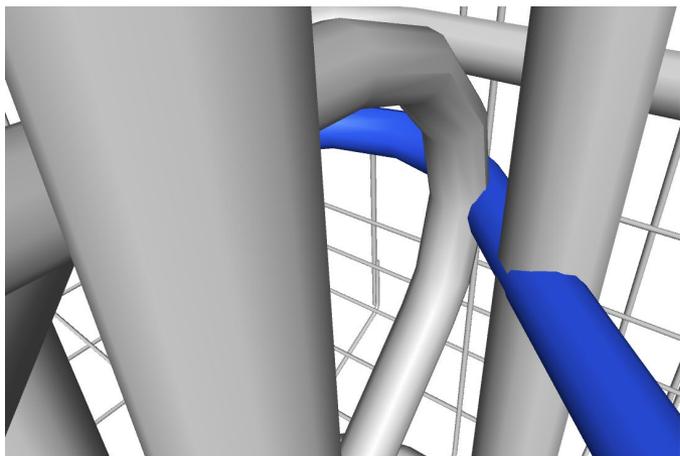


- 鉄筋加工図は、2次元設計図では、2623～2626 mmのように変わっていくことも多い。
- 実際に3次元に配置しようとする、全箇所の長さや配置を追いかけていく必要。
- 実現現場では実施しているのかもしれないが、コンサル設計図では実施工を実施するわけではないのでそこまで詰めてない。
- 配置するとなると、実施工と同じような知識、配慮が必要で難しい。

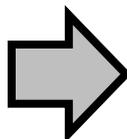
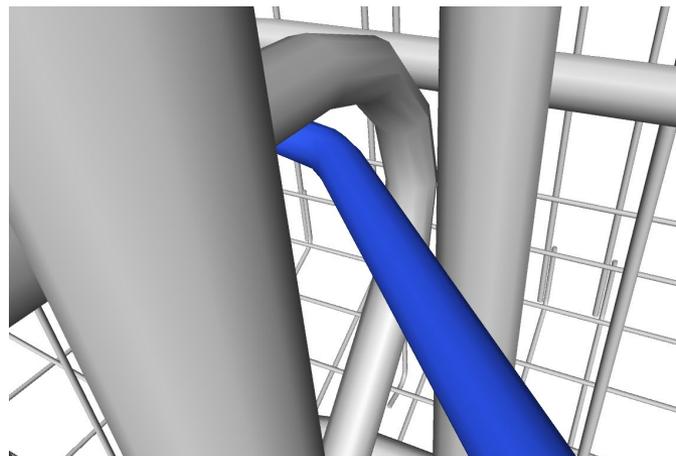


- ケーブル配置図も、2次元では側面図と横断図で位置を示すが(設計上もこの数値で設計)、**実際は3次元のXYZ位置が場所で刻一刻と変化する。**
- 3次元モデル内にケーブルを配置し、描こうとすると実施工と同じ知識が必要(3次元的に配置したら、途中、鉄筋などと干渉してうまくいかないこともあります。でも2次元図面上は干渉なども問題はない。かつ現場ではこの**2次元図面でうまくやっている。**何が違う?このギャップがコンサル設計図と現場対応した実手順図の違いかと思ひます)

## 鉄筋干渉チェック前



## 鉄筋干渉チェック後



設計段階

- 干渉チェックまで実施
- コンクリート打設口など施工を想定して配筋をずらすことは実施しない

パシフィックコンサルタンツ様提供

# 1) 設計段階のBIM/CIMモデルの必要性

- 積算の根拠や、設計思想を知るためにBIM/CIMモデルや施工ステップモデルは有用。
- 施工側としてもどのような考えで計画・設計したのかを知ることができる。
- 但し、現場に入ると条件(地形が違う、周辺住民の生活維持の都合、大雨等のリスク対策の考え)が異なるのが普通で、設計段階のBIM/CIMモデルや、施工ステップモデルをそのまま使うことはまずない。
- 地形条件があくまで設計段階の地形であり、用地交渉や起工測量の結果を踏まえたものではないので、実際の施工検討時に修正が必要となる。

# 1) 設計段階のBIM/CIMモデルの必要性

- 設計段階では、施工の工区単位でモデルを作成することがなく、どのような発注をするかを踏まえたモデルになってないため、実際の施工検討時に修正が必要となる。
- このように、モデルが一气通貫で利用できないのは、モデル自体の目的が違いためという面が大きい。
- そして、モデリング作業の観点では、設計モデルをもとに施工モデルを作る際の労力が意外とかかるという点がある。現状のモデリングソフトでは、書き換えを行うのは大変で、書き直す方法を選ぶモデラーが多い。
- BIM/CIMモデルをLOD200→300→400に編集するのは労力がかかる。書き直すのと変わらないため、現状はそのまま使えない。

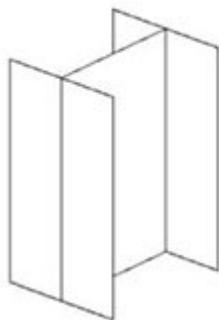
# Level of Detail (LOD): 詳細度のレベル

**LOD  
100**



モデルの構成要素を表す情報。寸法や位置は未確定

**LOD  
200**



部材同士の干渉を検討可能だが、あくまでも近似値

**LOD  
300**



数量、大きさ、形態、位置、方向等の情報を直接計測可能

**LOD  
350**



構成要素の関係を表現

**LOD  
400**

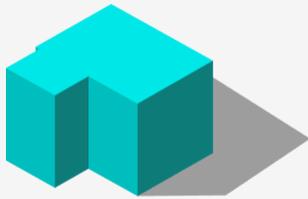


実際に施工する際に必要な情報も含む

## CityGMLの LOD 概念

## LOD 1

建物+高さ情報  
<箱モデル>



- 建物の箱型モデル
- 高さ情報を活用した  
各種Simulationが可能

## LOD 2

+屋根形状



- 建物の屋根形状表現
- 景観シミュレーション
- 都市計画・建築規制の検討

## LOD 3

+外構（開口部）



- 建物の外構（窓、ドア）
- 自動運転、ドローン配送
- 建築計画の検討等

## LOD 4

+室内（BIM/CIM）



- BIM/CIM等の建物内部  
までのモデル化
- 屋内外のシームレスな  
シミュレーション

# 1) 設計段階のBIM/CIMモデルの必要性

- 施工ステップを簡単に書き変えるためのソフトがない。該当部分はほとんど書き直すことになる。
- 書き直す、修正するにあたり、図形の頂点の座標がっているかどうかという問題、モデルの分割がしにくいという問題など、なぜ編集作業に労力がかかっているのか、整理する必要がある。
- これは、ソフトウェアベンダーにモデリングソフトの改良という観点で協力をお願いする部分と、設計段階のモデルの仕様をすり合わせる部分とがあり、それらを分けて議論することができる。

## 2) 配筋は誰が決めるべきか

- 2次元で行ってきた配筋図は何かを明らかにする必要がある。配筋図と配筋モデルは単なる3次元化ではない。
- 従来の2次元図面の場合、配筋間隔やかぶり等の設計思想を伝える図面となっている。鉄筋を実際に組むと干渉して組めないような場合もあるため、実際に組むことができることを確認するために3Dで干渉チェックを行うことが増えた。
- 3D配筋モデルを作成する場合、重ね継手個所は、鉄筋径分ずらしてモデルを配置したり、フックをどの向きからかけるかにより、モデルが異なってくるが、これは施工の手順を考えながら決めるもので、設計時に決めるものではない。

### 3) 建設コンサルが作成したBIM/CIMモデルが 施工で使えないとする施工会社がいる理由

- 1) 設計時には未知の条件が多く、現場に入ってから解決する課題が多いこと、それらを解決しながら現場をどのように進めるかを考えるのが施工会社であることを言っており、BIM/CIMモデルが正しいか正しくないかの問題ではない。
- 2) 詳細設計の定義の食い違いをそのままにしてBIM/CIMの詳細モデル作成という業務を移しているため、必然的に生じる問題である。
- 詳細設計を実施している建設コンサルタントの成果品を、LOD400のBIM/CIMモデルとするのは議論が飛躍している。

### 3) 建設コンサルが作成したBIM/CIMモデルが 施工で使えないとする施工会社がいる理由

- 他、モデリングソフト間の互換性の問題があり、作成したモデルが別のソフトウェアで再現されない、見掛けが変わるとい問題がある。これについては、JACICで具体の課題を受け付けて各ベンダーに要請をするという流れができています。この仕組みをうまく使うべき。(IFCではオリジナルファイル間の互換性をカバーするわけではない。IFCに書き出したデータを再利用できるにとどまる。)

## 4) 解決に向けて

- 誰（建設コンサル・施工会社等）が何をすべきかを見直す（必ずしも設計モデルが間違っているという話ではない）
- その上で、ソフトウェアの機能を改善できないか議論する（モデリングソフトに対するニーズを明らかにする）
- 詳細設計の定義を再確認、BIM/CIMモデル用の解釈を行ってオーソライズする。従来（二次元）の定義を踏襲して、LOD400のモデル作成は、施工側で行う施工手順の検討と考えるほうが適切と考える。
- （過密鉄筋の干渉確認については、自動化できるようソフトウェアベンダーに呼びかけるほうが良い。）
- BIM/CIMモデルの再編集作業の歩掛を確認し、施工会社がBIM/CIMモデルを編集、作成する必要があることを明確にする。

## 5) 図面からの三次元データ生成

(疑問) どうして三次元データが理念通り、一気通貫で利用されないのか？

(課題) 過去の紙図面も含め、現在においても3Dモデル作成には時間と労力がかかる  
＝高精度な3次元データ作成のスペシャリストが少なく且つ**コストが高い**から

(現状) 古いデータ⇒3Dモデルは大変なのでほとんど使われていない

新築) 設計3Dモデル⇒確認申請は別の2D図面

積算)⇒ 別のシステム

施工)⇒ 頑張っ一部3Dモデル⇒計画程度の利用

施工図)⇒ 2次元CADで作業

現状では  
一気通貫で  
利用されて  
いない

(解決策)

**AIと建築技術の融合** ⇒ 誰でも簡単に建築3Dモデルを作成

 **U's Factory** が提供する **AI Structure** と **BI For AC®**

(60社を超えるゼネコン・設計事務所・協力会社にて展開中)

で上記問題を解決

# 「誰でも簡単に建築3Dモデルを作成を実現」

# AI Structure

**部品定義リスト**

画像解析

Webアプリ

樑・内容を自動作成

CSV

部品定義データ作成作業を自動化

写真やPDFの図面をAI解析

Webアプリ

部品符号を画像解析で文字抽出

3Dモデル

選択通り芯・符号テキスト->SSC

AI文字解析 ⇒ 3Dモデルを自動配置

作業工数を1/10にするだけでなく、昔の図面を3Dモデル化することでFM分野にも活用も拡大

「BI For AC®とは」竹中工務店に20年間所属後、起業した12年目のベンチャー企業が開発し展開

3Dモデルをボタンを押せば「**自動化・最適化の機能**」で簡単作成  
⇒見積・施工図・現場に活用中



「BI for ARCHICAD」5Dを実現

3Dモデル  
工程シミュレーション  
コスト

ホットリンク (タイプ別)

ホットリンク (タイプ別)

ホットリンク (外構)

ホットリンク (土工事)

ホットリンク (仮設工事)

連携

見積DB

工程表

外装工事

内装工事

木造

鉄筋工事

型枠工事

土工事

鉄骨工事

施工図

折り返し断熱  
断熱吹付  
GLボード  
廻り縁  
異種壁仕上  
柱型  
額縁  
梁型  
中木  
腰壁  
コーナービート

# 「点群と3Dモデルの現場とのコミュニケーションツールを開発し提供」

U's Factory × Info360®

上場 泰史 (u000007) ログアウト

プロジェクト一覧 アップロード(別画面) マニュアル(別画面) 838.6 GB(コンテンツ) + 23.2 GB(その他) マイページ

プロジェクト一覧

プロジェクト: 静岡点群 (有効期限: 2023-07-18 23:59:59)

顧客ID	u000007	プロジェクト登録		
プロジェクト	登録日	有効期限	データ量	操作
長崎	2023-03-15	2023-06-14	366.1 GB	プロジェクト詳細
静岡点群	2023-04-19	2023-07-18	213.5 GB	データアップロード(別画面) コンテンツ登録
みなとみらい	2023-03-08	2023-06-07	192.5 GB	コンテンツ共有

種類	コンテンツ	ファイルサイズ	アップロード	操作
ZIP	静岡駅周辺	213.4 GB	2023-04-19 17:42:43	点群ビューア コンテンツ共有

## 現地調査・報告の改革

ゲスト共有

コンテンツ名: 静岡駅周辺  
共有期限と共有オプションを選択して、ゲスト共有URLを発行することができます。

選択	共有タイトル	共有期限	共有オプション	共有URL	操作
<input type="checkbox"/>	共有2023-04-26 11:51	2023/04/26	<input type="radio"/> 表示のみ <input type="radio"/> 登録/削除/編集/移動	新規	発行
<input checked="" type="checkbox"/>	共有2023-04-25 13:43	2023/05/31	<input type="radio"/> 登録/削除/編集/移動	64475a7c3b007	更新 削除

URLだけで簡単に情報共有

点群・写真・PDF連携

変更対応

距離計測

3Dモデル連携

遠隔地における現場とのコミュニケーションをWebアプリで連携し、  
最新情報を関係者に共有

(2) 三次元データに  
求められる精度

# ドローンの活用方法と課題

## ■ 活用方法

- ◆ 平常時：上空からの面的な現況把握、経年変化把握のための記録撮影
- ◆ 災害時：上空からの被災状況の確認、立入り危険・不能箇所状況把握
- ◆ ドローンLidarによる3D地形計測（地上、水中）
- ◆ 橋梁等の構造物の点検作業

## ■ 課題

- ◆ 飛行時の安全管理（機体故障、他ドローンとの衝突等）
- ◆ 山間部での飛行時の高度制限（対地高度ではなく、離陸箇所からの高度のため、谷部で離陸した場合、山頂付近では十分な高度が確保できない）

# 効果的な三次元データ計測

## ■ 考え方

- ◆ 対象及び目的を考慮した計測精度の設定が重要

## ■ 問題点

全てに等しい要求精度を設定すると不要なコスト・時間が発生

- ◆ 河川では出水で土砂移動が頻繁に生じるため、治水計算のため現況データ取得であればmm単位の精度までは不要

- ◆ 斜面災害発生後、対策完了(設計→施工)まで数ヶ月を要する場合、崩壊が進む不安定斜面では設計時に計測した地形と施工時の地形が異なっている可能性がある。
- ◆ 設計時にコスト・時間を費やし、施工レベルまで使用できる高精度の地形データを取得しても、施工時には地形が変化し、再度データ取得が必要となるケースも想定。

# 設計・調査から施工、維持管理を通じた 三次元データの管理の実態

## ■ 設計から測量に対する問題点

- ◆ 点群データは容量が重く扱いづらい。設計で使うには面作成の加工が必要（地形作成は測量業務であり、設計業務では責任を負えない）。
- ◆ 着工前の測量地形データと現況地形には誤差があり、現況地形に合わせて3Dモデルを作成すると着工前の測量地形データと合わず、隙間ができたり埋まりこんだりする。

## ■ 施工から設計に対する問題点

- ◆ 詳細設計が積算のための図面になっており、施工のための図面となっていない。
- ◆ 設計の3次元モデルをICT建機へ読み込ませるのは困難。

## (3) 測量業務における 衛星画像の活用

宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

ALOS-2事業化実証(フェーズA)

2023年度 WG1(インフラ)会議資料からの抜粋

※JAXA様の許諾済み

## 背景

- ALOS-2データの蓄積とともに衛星データによる地盤沈下観測例の増加
- 地理院にて干渉SAR時系列解析結果の活用方法を検討中

### 地盤沈下監視マニュアル等の整備状況

「地盤沈下観測等における衛星活用マニュアル(環境省)」策定(H29)

「衛星合成開口レーダー地盤変動量作業規程(国土地理院)」策定(R4)

干渉SAR時系列解析結果公表(国土地理院)(R5)

「地盤沈下観測等における衛星活用マニュアルー概要補足版ー(環境省)」策定(R5)

公共測量作業規程の準則「衛星SARを用いた上下変動測量マニュアル(国土地理院)」策定中

## 現状

- 「地盤沈下監視ガイドライン(環境省)」にて、地盤沈下監視における観測・調査項目、頻度、精度(一級水準測量)が規定。ただし、地盤高等の観測において、これまでと同様の精度や成果が得られるのであれば、新たな観測技術を導入あるいは併用できると定められている。
- 水準測量と対比し精度を確認する必要があることから、「地盤沈下観測等における衛星活用マニュアル(環境省)」では、水準測量と「併用」する形で地盤沈下監視における衛星データの活用が認められている。

## 課題

- 地盤沈下監視において衛星データを活用したInSAR解析を導入すれば、観測の効率化が図られる(より広い範囲を面的に把握することができる)が、「地盤沈下観測等における衛星活用マニュアル(環境省)」に示された方法(個別に自ら実施するInSAR解析と水準測量を併用)では、年間の調査面積が増大すると調査費用の総額が増加してしまう。予算確保が困難な状況では導入が困難。
- 自治体によっては、現行の地盤沈下監視ガイドラインに示された水準点の密度よりも高い分解能で調査を実施し、局所的な地盤沈下を監視したい要望あり。

## 要望案

- 地盤沈下監視における衛星データの継続的な活用には、単年度の調査費用を従来手法より低減させる必要。
- 「地盤沈下観測等における衛星活用マニュアル(環境省)」の手法だけでなく、国土地理院の干渉SAR時系列解析結果を用いることにより、地盤沈下監視の精度を確保しつつ、調査費用の総額を低減する方策を探るのが重要。
- 地盤沈下調査で必要とする空間分解能は地域特性により異なることから、それぞれの自治体の状況・ニーズに応じた水準測量とInSAR解析の併用方法を検討することが必要か。
- この際、当該マニュアルの発出元である環境省への相談が必須。

## 提案先

- 環境省 水・大気環境局 水環境課 地下水・地盤環境室
- 国土交通省 国土地理院

# 公共測量に組み込むための測量マニュアル

## 公共測量の仕組み

- ✓ 公共測量においては、測量計画機関(=自治体等)が作業規程(=測量の基準、精度管理方法等を定める)を定め、国土交通大臣の承認を得る必要がある。【測量法第三十三条・要約】
  - ✓ 国土交通大臣は、作業規程の準則を定めることができる。【測量法第三十四条】
  - ✓ (計画機関は、)準則に定めのない新しい測量技術を使用する場合は、その精度が確保できることを検証結果等に基づき確認し、国土地理院の長の意見を求めることとなっている。【作業規程の準則第17条2項】
  - ✓ 但し、国土地理院が新しい測量技術による測量方法に関するマニュアルを定めた場合は、当該マニュアルを精度確認のための資料として使用することができる。【作業規程の準則第17条3項】
- 公共測量では、測量計画機関である自治体などが作業規程を定める必要があるが、特に衛星活用に関する作業規程の作成は技術・リソース面等含め対応が困難。しかし、準則第17条3項に規定された測量マニュアルがあれば、例外の適用として導入が可能。

## 測量マニュアル策定

- **ガイドライン改訂案** ※**橙色文字**が追記箇所  
 「観測の精度は、測量法第33条の規定に基づき、国土交通省公共測量作業規程で定める一級水準測量の精度を原則とする。**衛星技術を用いる場合は、国土地理院が公開している作業規程の準則第17条3項に基づき定められたマニュアル「衛星SARを用いた上下変動測量マニュアル【仮称】」の手法に基づき一級水準測量成果と整合させるものとする。**」  
**【地盤沈下監視ガイドライン 2.(3)観測の精度】**
- 関係省庁(環境省、国土交通省水管理・国土保全局、国土地理院等)や関係団体(日本測量協会等)と連携し、地盤沈下調査における衛星データ活用(含む環境省のガイドライン、国土地理院の干渉SAR時系列解析結果を用いた手法の普及啓発)することで衛星データ利活用を推進
- 地場の測量業者が衛星データを活用できるように、利用しやすい無料のソフトウェアが必要

# 水準測量とInSAR解析の組み合わせによる経済効果

	水準測量のみ	①案	②案	③案
水準測量(幹線)	毎年	毎年	毎年	毎年:変動量が小さい箇所では緩和
水準測量(支線)	毎年	1回/5年	隔年:InSARと交互	隔年:InSARと交互
InSAR解析	—	毎年	隔年:水準測量と交互	隔年:水準測量と交互
費用(10年)	0.84億円	1.23億円	1.08億円	0.80億円

## 費用の詳細

- 観測対象地域3区画の内、1区画にて地盤沈下調査を実施
- 水準測量面積:3区画合計で約200 km<sup>2</sup>(幹線:67km<sup>2</sup> 支線:133km<sup>2</sup>) 1区画当たり66.6km<sup>2</sup>(幹線:22.2km<sup>2</sup> 支線:44.4km<sup>2</sup>)と想定
- 水準測量費: 幹線:280万円、支線:560万円(12.6万円/km<sup>2</sup>)
- 民間InSAR解析費:700万円/区画 3区画合計で約1380 km<sup>2</sup> ※観測対象範囲面積
- 衛星画像購入費: 8万円/枚(初年度:3シーン(A/D)×25枚=600万円、2年目以降:3シーン(A/D)×5枚=120万円)
- 地理院干渉SAR時系列解析の確認、比較、地盤沈下図作成:300万円

【仮定】「InSAR解析結果において年間変動量が10mm以下」の基準を満足する場合に、**地盤変動量が小さい箇所としての水準測量の実施間隔の見直し**を行う

# 結論

- 建設業務に関する三次元データの作成、流通、管理の現状と今後の可能性について報告
- BIM/CIMにおける三次元データの流通を妨げる要因と対策案：現場の作業方法を尊重しながら、人工知能や画像解析技術等を取り込んで、三次元データの生成と活用方法を検討していく必要
- 三次元データに求められる精度：必要に応じて、点密度を減らす工夫も必要
- 測量業務における衛星画像の活用：水準測量等測量業務への効率的な活用も可能