

ラージモデルの座標系の考え方に関する検討

国際航業株式会社	学生会員	○福士	直子
オートデスク株式会社	正会員	井上	修
朝日航洋株式会社	非会員	酒井	拓也
有限会社水都環境	正会員	長谷川	充
国土基盤モデル研究会	正会員	城古	雅典
国土基盤モデル研究会	正会員	有賀	貴志

1. はじめに

i-Construction や Society5.0 など ICRT を活用した建設生産改革では、3D Annotated Model (以下、3DA) の活用が前提とされている。建設業よりも 3DA モデルの利用ならびに活用検討が進んでいる製造業では、部品計測・評価の効率化への活用の検討も行われている。建設業ではフロントローディングやコンカレント・エンジニアリングなど、現場で行われていた試行錯誤をなるべく設計段階で行い、費用や工期などのコスト削減効果が期待されている。3DA を適用する際の製造業と建設業の大きな違いの 1 つは、完成した 3DA モデルの範囲が狭い範囲に収まっているか、連続して広がっているかという点である。建設業では連続した構造物は発注単位に分割され、設計・施工が行われる。CAD では平らな面の上で設計を行い、地球の曲面を考慮した設計はあまり行われない。将来的には、隣接した工区を設計した 3DA モデルは重力によるたわみを含んだ干渉チェックなどを経て、発注のための積算、施工の下流工程で活用され、数値管理による施工が普通に行われるであろう。

自動化施工や数値制御によって行われる施工はサイバー空間と現実空間の差異が許容可能な範囲に収まってはじめて可能となる。そこで本稿では、サイバー空間に現実空間を再現する際の座標系と両者の差異の考え方について検討する。

2. 座標系に関する記述

既存の座標系に関する記述について、LandXML, OGC, bSJ の 3 基準について調査した (表 1)。広域モデルに関連するような座標の記述は見られず、使い方は使う側に任せるスタイルが確認されたが、ISO の図示規定では 3 次元直交座標系の採用が明記されていた。

表 1 標準策定団体の座標に関する取り扱い

団体名	概要	座標に関する記述
LandXML	- 土木分野で三次元の測量・設計・施工で使われる交換フォーマットとして世界で流通 - LandXML1.2 が最新バージョン	- 水平、垂直方向の座標を属性で実装できるが必須ではない - 実装する場合は EPSG コードや ogcWktCode で記載することが多い 3 次元設計データ交換標準 (案) では必須
OGC (Open Geospatial Consortium)	- 相互運用性を目的として GIS データの標準規格を策定 - 国際標準規格 ISO TC211 とは協力関係 - OGC Standards は 50 を超えている (KML, CityGML, Coordinate Transformation など)	- 身近な OGC Standards にはモデルサイズや座標の取り決めに関する記載は見当たらない - フォーマットは用意するが、使用については運用 (発注者や使用者) にまかせている
buildingSMART	- 建物を構成する全てのオブジェクト (例えばドア、窓、壁などのような要素) の体系的な表現方法の仕様 (IFC (Industry Foundation Classes)) を定義 - インフラ分野では IFC-Bridge, IFT-Road などがある。	個別 WG で検討中のため、現時点では特に座標に関する記述はない。
ISO (International Organization for Standardization)	- 国際標準規格 - ISO 16792 2015 は 3D-CAD 利用が前提の図示規格	図示データ内に 1 つ以上の座標方式を記載すること、その図示方法についても規定している。

キーワード 3D Annotated Model, CIM, Large Model, Small Model, 座標系

連絡先 〒183-0057 東京都府中市晴見町 2-24-1 国際航業株式会社 e-mail: naoko_fukushi@kk-grp.jp

3. 日本で使われている測量座標系

日本で使われている世界測地系は、地球楕円体(GRS80)とその楕円体中心を地球の重心(地心)と一致させた3次元直交座標系である ITRF 座標系を採用している。ジオイドは凹凸のある地球表面を表し、世界の海面の平均位置に最も近い面である(図1)。GNSS 測量では楕円体の経緯度とジオイド補正をかけた標高が得られる。

平面直角座標系は日本の国土を 19 の座標に当てはめて地表を平面へ投影し、地図を作成している。距離や面積、勾配の算出に適しており、縮尺補正で差異が 1/10,000 以下になるようにしている。

4. ラージモデルとスモールモデル

土木構造物の設計は十分に範囲が狭いためにジオイドが平らであると仮定して行われているが、数値制御下での施工を考える場合にはサイバー空間と現実空間の差異を 0 に近づけ、図2に示すようなジオイドなどを考慮した座標系での設計および施工が望まれる。

ここで暫定的に、ジオイドの凹凸を考慮した 3DA モデルをラージモデル、ジオイドが平らだと仮定した十分範囲の狭い 3DA モデルをスモールモデルとする。例えば、工区単位で作成された 3DA モデルはスモールモデルに分類でき、複数の工区に分かれ、全体としては曲率やジオイドの凹凸を考慮しなければならないほど範囲が広い構造物のモデルはラージモデルに分類できる。また、工区あるいは工種単位で作成されたスモールモデルは、最終的に統合されて完成した 3DA モデルになり、その一部がラージモデルになると考える。

この場合、ラージモデルはジオイドの凹凸や回転楕円体の曲面などを表現できなければならないので ITRF 座標系であるべきであろう。また、スモールモデルはラージモデルの中で位置を特定する参照点 (Ground Control Point, 以下, GCP) とジオイドが持つ鉛直方向を示すためのベクトルを持っている必要がある。その一方で、ラージモデルはスモールモデルが参照しやすい原点座標と基準となる方向を表すベクトルを持っていることが望ましい。

5. 実務で想定される差異の大きさ

地表を半径 6,370km の球面と仮定すると曲面上の距離 10km との平面上の距離の差異は 1cm 未満である。その一方で、投影変換後の平面直角座標系 IX 系と投影変換前の日本測地系(測地成果 2011)で 2 点間の距離を測ったときの差異を AutoCAD Civil 3D で確認したところ原点を通る子午線付近(縮尺係数 0.9999)で約 1m の差異が確認された。また、楕円体を WGS84 とした場合の原点の差異は約 0.8m であった。これに加えて、大小はあるが、曲率による差異、標高による差異、ジオイドの勾配による差異(図3)などが加わることになる。

6. おわりに

ラージモデルとスモールモデルという概念を導入し、サイバー空間で使用する座標系と現実との差異の種類について検討した。将来的には ITRF 座標系に楕円体とジオイドを設定した CAD 上で設計することによってサイバー空間と現実との差異を 0 に近づけることが期待できる。今後は、ラージモデルを適用する必要がある状況および差異の許容範囲について検討を進めたい。

※本稿は土木情報学委員会 建設 3 次元情報利用研究小委員会 3D Annotated Model WG の中間成果である。

参考文献

- ・(一社)電子情報技術産業協会ホームページ: <https://home.jeita.or.jp/3d/pdf/s2016ver10.pdf>
- ・日本測地学会 Web テキスト測地学新装丁版: <http://www.geod.jpn.org/web-text/part2/2-1/index.html>
- ・国土地理院 ジオイドとは <http://www.gsi.go.jp/buturisokuchi/geoid.html>

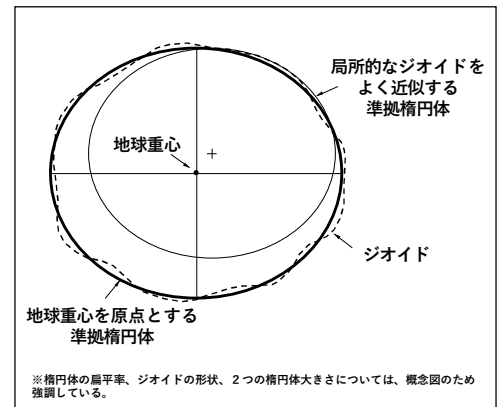


図1 楕円体とジオイド

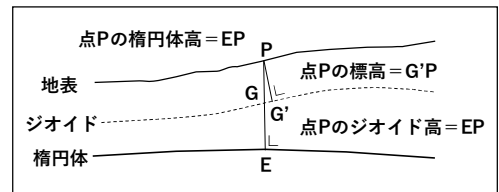


図2 楕円体とジオイドと地表の関係

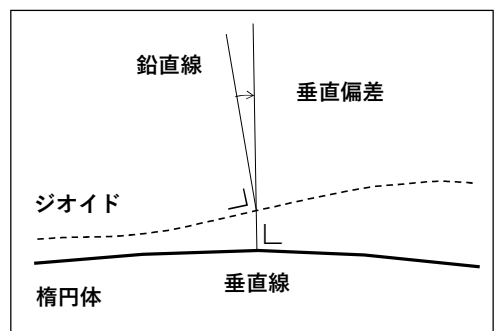


図3 ジオイドの鉛直線と楕円体の垂直線