

既存資料の活用による効率的な屋内三次元GIS データ作成のためのマニュアル案の作成

DRAFT OF THE MANUAL FOR PRODUCING 3 DIMENSIONAL INDOOR SPACE GIS DATASETS USING DESIGN DRAWINGS

乙井 康成^{1*}・神谷 泉¹・小荒井 衛¹

Kosei OTOI^{1*}, Izumi KAMIYA¹, Mamoru KOARAI¹

Some projects to produce indoor GIS datasets over man-made space have been started. They use existing documents such as design drawings. However, it isn't easy to produce accurate data effectively. Therefore, we try to develop draft of the manual to produce indoor GIS datasets. For developing draft of the manual, we made 3 dimensional GIS datasets of the buildings of GSI (Geospatial Information Authority of Japan) and TX (Tsukuba express) Minaminagareyama station from CAD data of design drawings, and we verified the GIS datasets by total-station observation.

Key Words : indoor spaces, 3 dimensional GIS dataset, design drawing

1. 屋内三次元GISとは

地理情報システム（GIS：Geographic Information System）は位置と結びついた情報を分類整理し，可視化や分析などに用いられているものである。地質，気象，海洋分野などでは古くから三次元空間の情報を取り扱ってきたが，人間活動は地表面上で主に行われることから，これに係る情報は二次元で扱われることが多かった。しかし都市域における歩行者ナビでは地上の歩道と地下街や2階の連絡通路などを一体的に扱う必要が生じており，三次元データの整備が進められようとしている¹⁾。

建物毎の空間データについては，三次元CADやBIM等で扱われることが多いが，周辺の地形や施設の地理空間情報と一体として取り扱い，より広い範囲を対象とするときには，三次元GISデータとして扱うことが望ましい。例えば，建物内の人の流れも，屋外環境や周辺施設とのネットワークの影響を受けており，人の流れ等の高度な解析を行うためには，これらを含めて検討することが重要になると考える。

2. GISデータ整備における課題

屋内空間の三次元GISデータにおける最大の課題は，データ整備が進まないことにある。屋外においては空中写真や衛星測位システム（GNSS：Global Navigation Satellite System）を利用して効率的に大規模なデータ整備が可能であるが，屋内空間ではこのような技術を利用できないだけでなく，各施設に係る多数の管理者や事業者との調整などに大きな労力を要することが負担となっている。

一方，屋内空間を形成する施設については，設計図等の既存資料が存在することから，これを利用して三次元GISデータを作成しようとする動きが見られる。しかし設計図等から作成した三次元GISデータはこれまで十分に精度検証が行われておらず，またデータ作成における品質管理法も確立されていない。

3. GISデータの試作と精度検証

国土地理院では，屋内空間に関するGISデータの整備と利用を促進するため，既存資料を活用した効率的な三

キーワード：屋内空間，三次元GISデータ，設計図

¹ 非会員 国土交通省国土地理院 地理地殻活動研究センター Geography and Crustal dynamics Research Center, Geospatial Information Authority of Japan, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, (E-mail:otoi@gsi.go.jp)

次元GISデータ作成方法について、データ試作と精度検証を行った。現在試行で得られた知見を元に屋内空間における三次元GISデータの効率的な作成方法に関するマニュアル案をとりまとめる予定である。このマニュアル案は、データの効率的な作成方法を示すことで屋内空間の三次元GISデータの作成を推進するとともに、精度の明らかなデータが作成されることにより三次元GISデータの利用を推進することを目的とする。

(1) 実施内容

a) 試作のためのデータ仕様

各階の平面図や屋外の数値地形モデルなど様々な地理空間情報を結びつける三次元のベースマップを想定し、床面、内壁面及び天井面により閉じられた空間を一つの部屋として、この部屋の集合と外壁面、屋上面で建物を構成するモデルとした。ドアのない出入口や吹き抜けについても仮定の壁面(ClosureSurface)を設けることで閉じた空間を形成している。モデルの構成を図-1²⁾に示す。廊下や階段も部屋と見なしている。階段のモデルを図-2に示す。一つのブロック内で床面の上に床面の延長が重なり合わないよう、1階から2階までを一つのブロックとし、隣接するブロックとの境界には仮定の壁面を設けた。

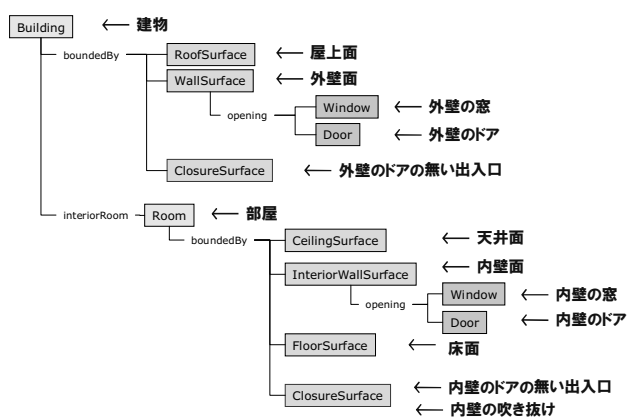


図-1 モデルの構成

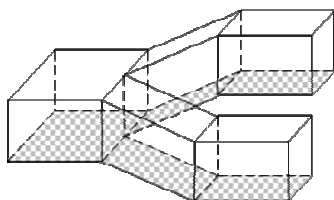


図-2 階段部のモデル

b) データ試作

データ試作は、資料の保管状況や作成経緯などを容易に確認できる国土地理院庁舎と公共的屋内空間かつ地下施設であるつくばエクスプレス(TX)南流山駅舎を対象に実施した。国土地理院庁舎については、有効な資料はすべて使用したが、TX南流山駅舎は、施設管理者である首都圏新都市鉄道株式会社がセキュリティ上問題ないことを確認できた資料のみを使用している。

設計図に不足する情報や現況施設と一致しない箇所については、巻き尺等による簡便な計測により補った。

各部屋のモデルは、基本的に平面図から部屋の形状を取得し、床面や天井面に断面図と標高データから得られた高さを与え、床面と天井面の外縁を構成する点間を結ぶことで壁面を作成した(図-3)。水平位置や地表面の標高は基盤地図情報又は都市計画基本図から読み取った座標値を与えた。試作した三次元GISデータのうち、国土地理院庁舎の三次元GISデータを図-4に、TX南流山駅舎の三次元GISデータを図-5に示す。

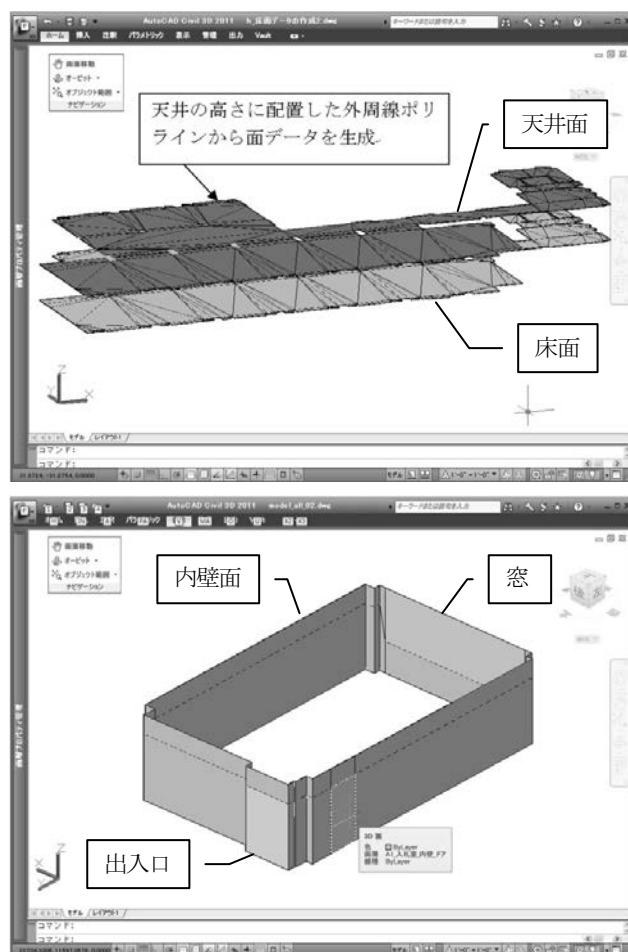


図-3 床面、天井面、壁面の作成

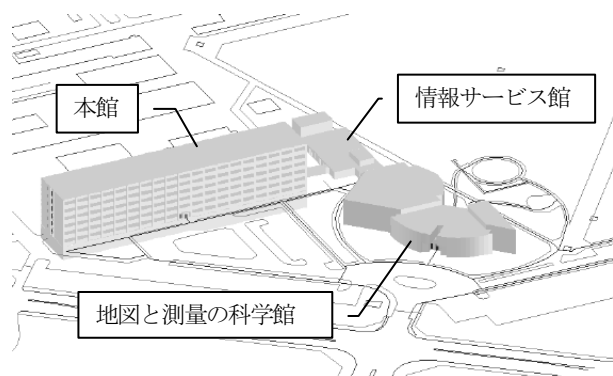


図-4 試作した国土地理院庁舎の三次元データ

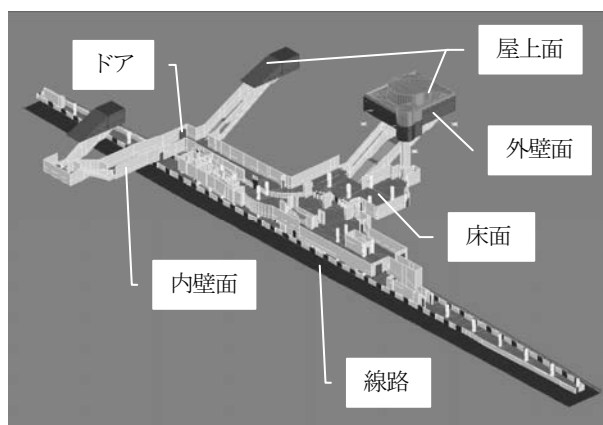


図-5 試作したTX南流山駅舎の三次元データ

c) 精度検証

試作したGISデータ（図-4、図-5）の位置精度を検証するため、国土地理院で200点、TX南流山駅で100点を選定し、現地測量を実施した。測量する点は、特定の部位に偏らないよう選定した。

現地測量は、地上又は屋上でGNSS基準点測量を行い一次基準点を設け、これらの点からトラバース測量等により屋内に二次基準点を設置した。精度検証点は二次基準点から多角測量法又は放射法により測量している。

4. 得られた成果

(1) 設計図等から作成したGISデータの位置精度

国土地理院庁舎の水平方向の精度検証結果を図-6²⁾に、TX南流山駅の水平方向の精度検証結果を図-7に示す。設計図と施設現況が適合している場合は、概ね1m以内の誤差で設計図からGISデータを作成することができることが確認できた。ただし、設計図と施設現況に差異がないことを現地で確認すること、断面図のない部屋の天井の高さなど設計図にない情報は巻き尺等により現地で計測すること、縮尺2500レベルの基盤地図情報や都市計

画基本図に対象とする施設の外縁が記載されていることなどが前提条件となる。図-6において全体が北西にずれているのは、付与した座標値を読み取った都市計画基本図の誤差である。なお、誤差の大きい点について設計図と施設現況を確認したところ、設計図に外壁の記載が無い、施設現況と設計図の外形が異なる等の理由で基盤地図情報から座標値を付与することができないことが原因であることが分かった（図-7 点a, c）。また、図-6点Aは渡り廊下に行く出入口、図-7点bはエスカレーターの手摺にあたり、渡り廊下の形状が設計図と現況で異なっていること²⁾などから、施工時に渡り廊下やエスカレーターの取り付け位置が変更された可能性が高いと考えている。

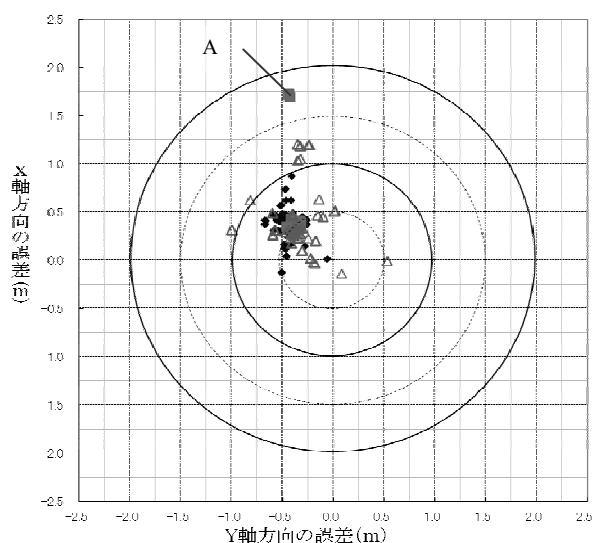


図-6 現地測量成果とGIS上の座標値の差(国土地理院庁舎)

◆ 本館, ■ 情報サービス館, △ 地図と測量の科学館

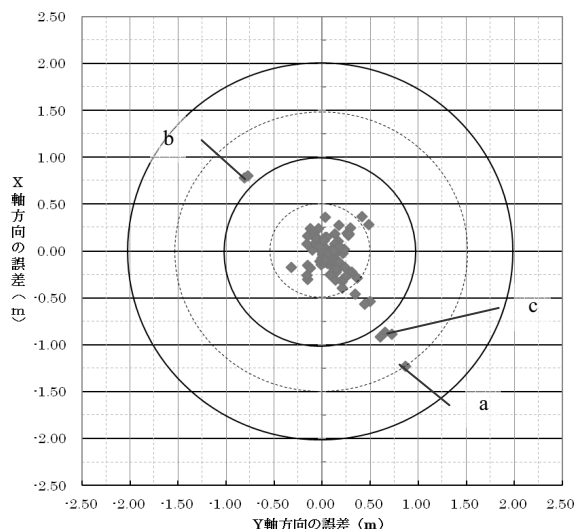


図-7 現地測量成果とGIS上の座標値の差(TX南流山駅)

(2) 精度を担保するために必要なこと

a) 設計図の内容確認

設計図には、誤り、欠け、施設現況との不一致などが存在する場合があります。現地調査等により内容の適否を確認する必要があります。誤りの例として、図-8²⁾に出入口のない便所の平面図を示す。他にも、平面図に記載された断面の位置と記載されている断面図が整合しない例もあった。欠けの例としては、断面図を作成する位置や方向は限られることから、一部の階段の天井や部屋の出入口の高さなどが分からないことがある。また、セキュリティ保全のために削除されて不明となる場合もある。具体的な例としては、断面図に屋根の記載がないことや平面図に外壁の記載がないことがあった。図-9はTX南流山駅の地上出入口の一つである。平面図に地下から続く内壁と階段、エスカレーターは記載されているが、地上部の外壁は記載されていない。設計図と施設現況に差異が生じる原因としては、施工時における変更や改修などがある。試行では、建物の設置位置や向きの若干の変更に伴う渡り廊下の形状や取付場所の変更、設計図に記載されている外部階段の設置取り止め（図-10）、部屋の出入口位置の変更等が確認された。

上記のような設計図と施設現況との差異は、目視の他、巻き尺や簡易レーザー計測機による計測等で確認する。

なお、設計図に不足する情報や施設現況と一致しない位置や形状については、その件数が少ない場合には、巻き尺や簡易レーザー計測機などの簡便な計測により補足する。

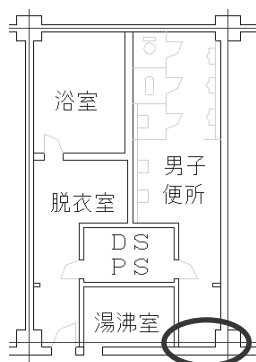


図-8 設計図の誤り

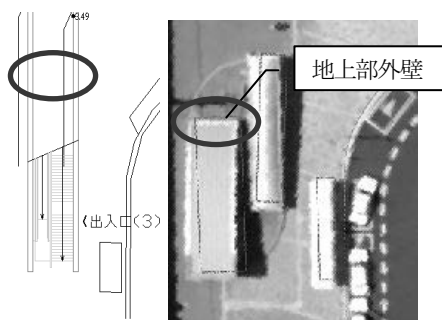


図-9 地上部外壁の記載のない設計図と施設現況

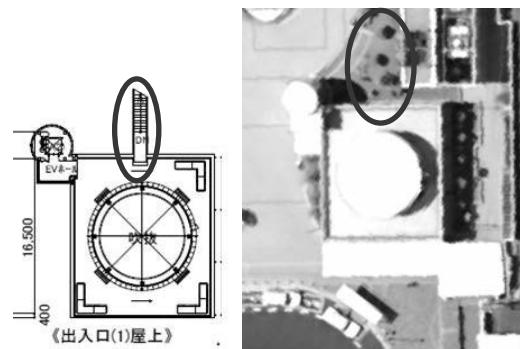


図-10 設計図と施設現況との差異

b) 座標付与

基盤地図情報や都市計画基本図が平成23年3月11日以前に作成されており、対象地域が東北又は関東地方にある場合には、平成23年東北地方太平洋沖地震による地殻変動の影響で、地図から読み取った座標値の補正が必要となる場合がある。つくば市にある国土地理院庁舎やTX南流山駅舎の場合は、数十cm程度東に移動している。

基盤地図情報等から読み取った座標値は、設計図の対応する点に付与する。平面図は床上1～1.5m程の平面における断面図である一方、基盤地図情報や都市計画基本図などは主に空中写真測量により作成されており、底のある建物の外縁は底の先端の位置を示し、平面図における外壁の位置とは一致しないことに注意する必要がある。図-11は国土地理院の地図と測量の科学館の例であるが、上の平面図では外壁が直線で記載されている一方、空中写真では底のため建物の縁が曲線に写っており、これを元に作成された基盤地図情報や都市計画基本図も曲線で示されている。

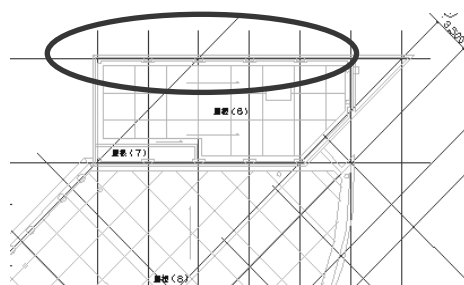


図-11 平面図と基盤地図情報 (背景は空中写真)

また、公共測量等の平面直角座標系では北がX軸，東がY軸となっており，平面図におけるXY軸とは方向が異なることにも注意する必要がある。

c) 幾何形状データの作成

上述の通り断面図を作成する位置や方向は限られることから，平面図と断面図からだけでは施設現況と適合する三次元幾何形状データを作成することができない場合がある。今回の試作でも，階段1段1段などの詳細な形状は利用可能な平面図と断面図からだけでは再現できなかった。

また，設計図は工事単位で作成されることが一般的であり，本体建設工事用の設計図を使用した場合，設備工事，内装工事等が行われた後である施設現況とは壁面の位置や形状が異なる場合がある。

これらのような差異を誤差として割り切ることができない場合は，近接写真測量や地上設置型レーザー測量等の現地測量により現況施設を測量する必要がある。

d) データ構造化

二次元GISの面（ポリゴン）データでは一般に上面が空間側で下面が土地等の側を示しているが，三次元GISの面（ポリゴン）データの表（空間）側と裏（構造物等）側の区別に注意する必要がある。図-12に部屋を構成する天井面，内壁面，床面の例を示す。一つの部屋を構成する天井面，内壁面，床面は室内に向いた面が隣り同士となり閉じた空間を構成する必要がある。

別々に作成したデータの接合は，一般にデータ作成時期やデータ精度，分解能に基づき，より正確な方に合わせてつなぎ合わせる。三次元GISデータの場合は上下・水平の2方向で合わせる必要があり，上下方向と水平方向では測定の精度も異なるが，設計図においては水平位置に比べて高さに関する情報が少ないことに注意が必要となる。また，床面の水平性や壁面の鉛直性，各階の間隔の統一性なども確保する必要がある。

e) フォーマット変換

屋内空間を扱うことのできる三次元GISソフトは限られており，それぞれのソフトで扱うことのできるフォーマットも異なることから，使用するソフトウェアをバー

ジョンまで決めた上で作成するデータのフォーマットを決める必要がある。なお，屋内空間に関する三次元GISデータの作成実績は少なく，フォーマットによってはデータを作成できる測量会社や技術者が限られることにも注意する必要がある。

(3) 明らかになった課題

設計図等にはセキュリティ保全上公開に適さない情報が含まれる場合があり，これら資料の使用にあたっては，施設管理者に資料使用の可否について確認してもらう必要がある。公開に適さない情報が含まれている場合には，管理者が問題のある情報を削除した資料を使用することになる。複数の施設管理者が関係することもあり，資料の使用に関する各管理者との調整にデータ作成作業に要する時間と同等以上の時間が掛かる場合があることも課題となっている。

5. マニュアル案の作成

屋内空間における三次元GISデータの効率的な作成方法に関するマニュアル案は，必要とする精度のGISデータの効率的な作成を支援することを目的とするもので，屋内空間のGISデータ作成を計画する者を対象としている。設計図等から一定の精度の三次元GISデータを簡便に作成できることを示すことにより，三次元GISデータの整備を促進するとともに，作成された三次元GISデータを安心して利用できるようになることを期待している。

マニュアル案は上述の通りデータ作成を計画する者を対象とするため，具体的なデータ作成方法より，各工程において意志決定すべきこと，判断における基本的な考え方や注意すべきことを中心に記載する予定である。

とりまとめる予定のマニュアル案は国土地理院のウェブページで公開し，適切なデータ作成を支援するとともに，国土地理院の職員が三次元GISデータを作成しようとする者への助言，指導の参考とする計画である。

(1) 構成

マニュアル案は，「目的に応じたデータ仕様の策定」，「データ作成に必要な要件の確認」及び「作業環境に即したデータ作成方法の決定と工程管理」の3部構成を予定している。「作業環境に即したデータ作成方法の決定と工程管理」では，データ作成作業の流れに沿って，各工程において判断すべきことを整理する予定である。

(2) 記載方針

測量の実務経験がない者が理解できるよう，具体例や図を加え平易な言葉で記載することに心がける。設計図

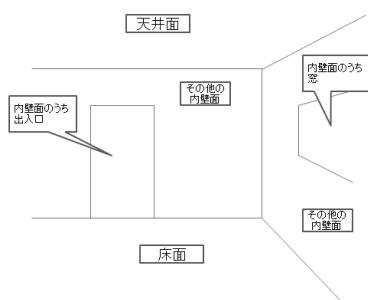


図-12 部屋を構成する天井面，壁面，床面

等の既存資料を使用できる場合はこれを活用することを原則としているが、必要とするデータの精度や分解能、作業環境等によっては、現地計測の方が効率的となる場合もあり、条件に応じて合理的な方法を見つけ出せるよう整理する。これを参考とすることで、データ作成に関する基本的な計画を策定できるようになることを目指している。

6. まとめ

地下街等の屋内空間は屋外と同様に利用されており、三次元GISデータの整備も進められようとしているが、作業条件や関係者との調整等に係る制約からデータ整備がなかなか進まないことが課題となっている。屋内空間の三次元GISデータの整備を推進するため、国土地理院庁舎及びTX南流山駅舎を対象に、設計図等から三次元GISデータの試作を行い、データ作成における課題を把握するとともに精度を検証した。結果として、設計図と施設現況が適合しており、適切な方法で作成した場合には、設計図等から概ね1m以内の誤差で三次元GISデータを作成できることを確認できた。この試作で得られた結果を基に目的や環境に応じた効率的なデータ作成方法や注意事項について簡便にまとめたマニュアル案を作成する予定である。

謝辞：データ試作にあたっては、首都圏新都市鉄道株式会社鉄道事業本部技術部からはTX南流山駅舎に関する設計図の貸与を受けるとともに同駅における現地測量に協力して頂いた。また、つくば市都市建設部都市計画課から都市計画基本図の提供を受けた。さらに、関西大学総合情報学部の中中成典教授からは研究の進め方について助言して頂いた。また、日本情報処理開発協会、衛星測位技術株式会社からは既存資料によるGISデータ作成状況について、関西工事測量株式会社、株式会社パスコ、アジア航測株式会社からは屋内空間における三次元GISデータ作成の状況について、株式会社日立製作所からは都市域における屋内外シームレス三次元GISフォーマットについて、詳細な情報を頂いた。ここに記して感謝申し上げる。

参考文献

- 1) 特定非営利活動法人 GIS 総合研究所：平成 21 年度 IT とサービスの融合による新市場創出促進事業（3次元地理空間情報データベース実証事業）屋内地図（流通フォーマット）概説書，pp.4-23，2010.
- 2) 乙井康成，神谷泉，小荒井衛：設計図から作成した屋内空間の三次元 GIS データの精度について，地理情報システム学会講演論文集，vol.21，E-1-1，2012.