

## 3次元地図情報整備に関する検討 ー3次元点群を用いた地図データへの標高値付与ツールの検証及び改修ー

実施期間	令和6年度
基本図情報部地図情報技術開発室	大久保 弘樹
	長野 玄 野口 真弓
基本図情報部国土基本情報課	瀧宮 健介 薬袋 映美

### 1. はじめに

3次元地理空間情報の社会的ニーズの高まりを受け、政府の掲げる諸施策にも「3次元地図の整備」や「電子国土基本図の3次元化」といった語句が明記されるようになってきている。2024年6月21日に閣議決定された「デジタル社会の実現に向けた重点計画」（デジタル庁、2024）では、「ベース・レジストリである『電子国土基本図』のデータの品質を確保しつつ、2028年度までに国土全域において3次元化を実施した電子国土基本図を整備し、順次提供を行う」ことが、前計画より具体的に定められた。これらに基づき国土地理院では令和5年度に、3次元点群データから電子国土基本図（地図情報）へ標高値を付与することで3次元地図を整備する手法の検討及び国土全域の3次元化を見据えて標高値付与を自動で行うツール（以下「標高値付与ツール」という。）の作成を実施した（大久保ほか、2024）。

令和6年度から国土地理院は、この標高値付与ツールを使用し、電子国土基本図（地図情報）の面的更新と併せて電子国土基本図を順次3次元化していく取組を開始した。一方、令和5年度の時点ではツールによって自動付与した標高値の妥当性に関する検証が十分ではなかった。そこで、別の情報源に基づく高さとの比較及び現地調査により、標高値付与ツールの検証作業を行った。さらに、3次元化の取組及び検証作業の中で明らかになった課題に対応するため、標高値付与ツールに改修を加えた。本稿では、令和6年度に実施したこれら標高値付与ツールの検証及び改修について報告する。

### 2. 標高値付与による3次元化の概要

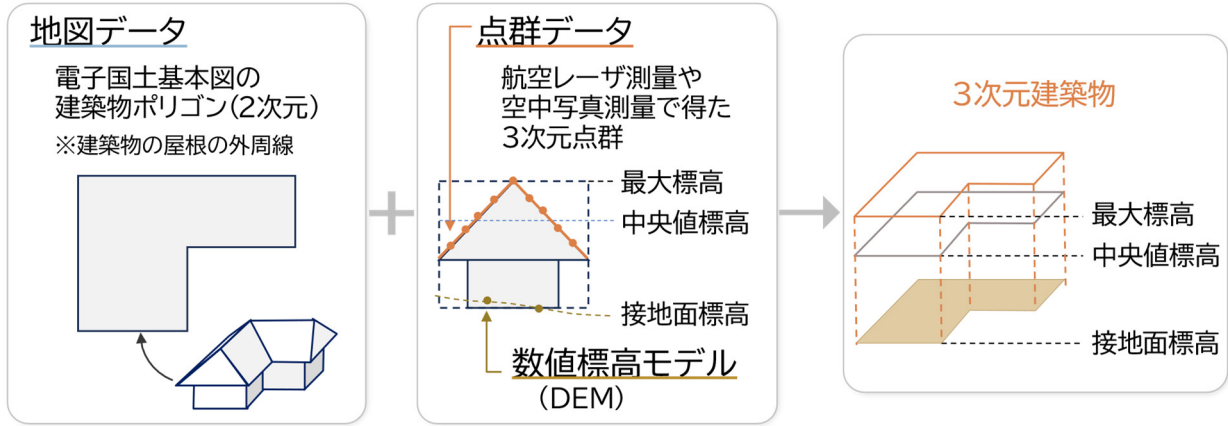
電子国土基本図3次元化のための標高値付与手法の検討結果及びそれに基づき作成した標高値付与ツールの動作については既報（大久保ほか、2024）のとおりであるが、本章でもその概要を述べる。

国土全域を対象にした3次元化を効率的に進めるには、既存の材料を有効利用しシンプルな手法で3次元地図の整備ができることが望ましい。そこで、航空レーザ測量や空中写真測量で得た、建築物や橋梁等の表層部を含む3次元点群データ（以下「点群データ」という。）及び地表面を表す数値標高モデル（以下「DEM」という。）から取得可能な標高値を、2次元の電子国土基本図（地図情報）データ（以下「地図データ」という。）へ高さ情報として付与し、3次元化を実現することにした。3次元化の対象とする地物には、建築物、道路（道路中心線）及び鉄道（軌道の中心線）を選定した。

建築物への標高値付与による3次元化の概略を図-1上部に示す。建築物においては、地図データの建築物ポリゴンに「接地面標高」、「中央値標高」及び「最大標高」を属性値として付与する。接地面標高は建築物ポリゴンと交差するDEMの標高値の最低値である。中央値標高は建築物ポリゴンが内包する点群データの標高値の統計的な中央値である。最大標高は建築物ポリゴンが内包する点群データのうち、標高値の上位5%をノイズとみなして除外した上での最高値である。なお、3次元建築物モデルの先行事例としては、国土交通省都市局の主導で2020年にスタートした「Project PLATEAU」（以

下「PLATEAU」という.)がある。上記の標高値取得は PLATEAU と互換性のある方法とした。

### 建築物: 2次元のポリゴンに属性値として3パターンの標高を付与



### 道路・鉄道: 3次元(経度, 緯度, 標高)のラインとして整備

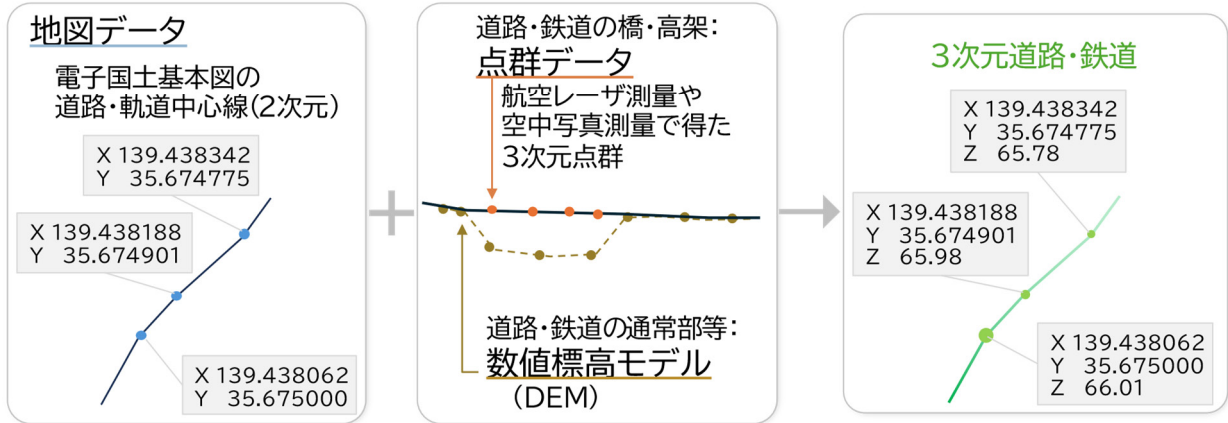


図-1 地図データへの標高値付与による電子国土基本図3次元化の概略  
(国土地理院, 2025a「試作データの概要」の一部を筆者修正)

道路・鉄道への標高値付与による3次元化の概略を図-1下部に示す。道路及び鉄道においては、それぞれ地図データの道路中心線及び軌道の中心線（以下両者をまとめて指す場合「中心線」という。）を構成する複数の点（以下「頂点」という。）ごとに、2次元座標（経緯度）に加えて標高値（Z値）を付与する。DEMでは道路橋、鉄道橋及び高架橋等の地表面にない地物を取り除かれているため、中心線データの「地物種別コード」属性によって橋・高架部を判別し、標高値取得の基にする3次元点群データを使い分ける。すなわち、地物種別コードが「橋・高架」である中心線の頂点には、点群データから発生させた不整三角網（TIN）を用いて各頂点の標高値を付与する。地物種別コードが「通常部」等、橋・高架ではない中心線の頂点には、各頂点の最近隣にあるDEMの標高値を付与する。上述の方法を基に、建築物データ及び中心線データへの標高値付与を行い3次元化した地図データを自動で作成するツールの開発を令和5年度に実施した。この標高値付与ツール開発により地図データの効率的な3次元化が達成された一方、各地物を詳細に見ると3次元形状が不自然になっている箇所も存在した。3次元化における課題について、抽出した主なものを図-2に模式図で示した。

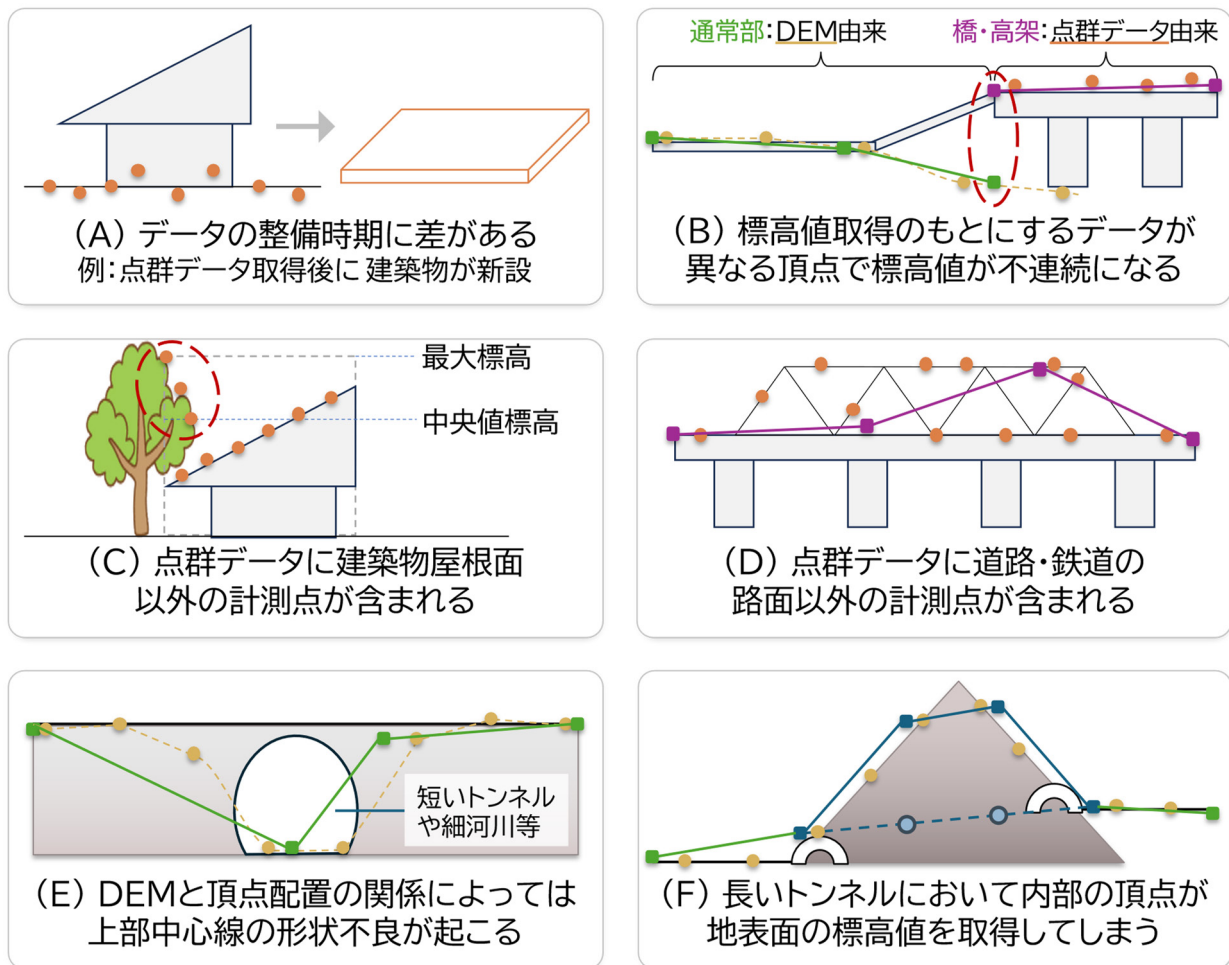


図-2 標高値付与による3次元化における課題の模式図

図-2 (A) のように、地図データの整備時期と3次元点群データの取得時点に差がある場合、その間の経年変化を原因とする3次元形状の不良が生じた。一例として、点群データ取得より後に建築物の新設があった場合、当該建築物の高さが得られる点群データが存在しないので、(最大標高) - (接地面標高) で求めた「建築物高さ」が0 mに近い値となった。そのため標高値付与ツールには、建築物高さが所定のしきい値(例: 1 m)未滿となった建築物の検出機能を設けた。

前述のとおり中心線では標高値取得の基にする3次元点群データが橋・高架とそれ以外とで異なるため、両者の接する点で図-2 (B) のような標高値の不連続が起きた。標高値付与ツールには、不連続になった通常部等の頂点の標高値を、接続する橋・高架の頂点の標高値に合わせるよう修正する機能を設けた。一方、この修正により接続点の周辺において急傾斜や不自然な凹凸ができてしまう場合もあった。

点群データから正確な標高値を取得するには、建築物では屋根面、中心線では路面を計測した点群のみを使用する必要がある。しかし、実際の点群データには屋根や路面より上にかかる植生、送電線、鉄橋や鉄道の架線柱等の計測点も含まれる。これらの影響を受け、建築物では図-2 (C) のような屋根より高い標高値の取得が、中心線の橋・高架では図-2 (D) のような不自然な傾斜が生じる箇所があった。

図-2 (E) 及び (F) は、DEMが橋・高架以外の中心線の路面と一致していない箇所における課題である。盛土上にある道路・鉄道をくぐる短いトンネルや、橋・高架の表示基準に満たない道路橋の下

にある細河川の部分等でも、上部の路面を取り除いた上で DEM が表現されている場合がある。このような位置に上部中心線の頂点がある場合、中心線に図-2 (E) のような V 字状のくぼみが生じた。一方、山間部にあるような長いトンネルでは、図-2 (F) のようにトンネル内部にある頂点が地表面の標高値を取得してしまった。標高値付与ツールには、トンネル出入口で取得した標高値から距離に応じた線形補間を行い、断面がトンネル出入口を結んだ直線状になるよう、トンネル内部の頂点の標高値を修正する処理を組み込んだ (図-2 (F) 破線)。ただし、トンネル出入口の頂点がトンネル坑門上部等の標高値を取得してしまう場合や、トンネル出入口の一方がツールの処理対象範囲 (指定した 2 次メッシュ 1 面分) より外側にあるために標高値が取得できない場合も散見された。

### 3. 標高値付与ツールの検証

令和 5 年度の時点では、標高値付与ツールによって自動付与した標高値が現実の地物と整合しているか、図-2 のような 3 次元形状の不良が生じる直接的な原因は何であるか等の検証が十分ではなかった。そこで、(1) 建築物の設計図面から読み取った高さとの比較 (3.1 節)、(2) 車載写真レーザ測量システム (MMS) により取得された 3 次元点群データに基づく道路標高値との比較 (3.2 節) 及び (3) 広島県尾道市周辺における現地調査 (3.3 節) により、標高値付与ツールの検証作業を実施した。以下、その結果を順に示す。

#### 3.1 建築物に付与した標高値の比較検証

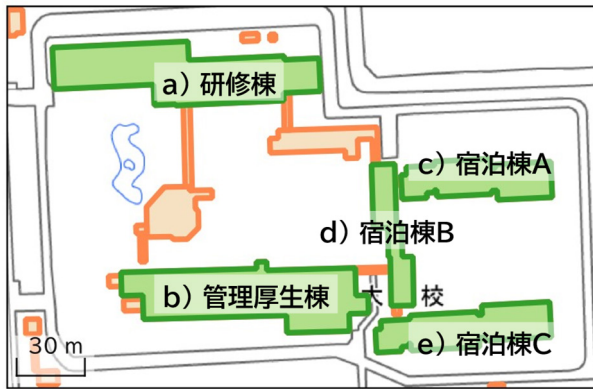
建築物の実際の高さを知ることのできる資料として、国土交通大学校及び国土地理院から構内にある建築物の設計図面の提供を受けた。これらの設計図面から判読できた建築物の高さについて、標高値付与ツールを用いて 3 次元点群データから取得した高さ情報との比較を行った。

##### 3.1.1 国土交通大学校における建築物高さの検証

東京都小平市に位置する国土交通大学校において、建築改修時の工事設計図面から高さを読み取ることができた 5 棟の建築物 (研修棟、管理厚生棟及び宿泊棟 A・B・C、以下建築物 a) -e) とする。) を検証対象とした。各建築物の平面位置を図-3 a. に示す。標高値付与ツールに入力する 3 次元点群データには、「東京都デジタルツイン実現プロジェクト」(東京都, 2021) がオープンデータとして提供し、G 空間情報センターの Web サイトに掲載している「多摩地域点群データ」(2022 年 7 月～2023 年 1 月計測) のうち、オリジナルデータ及び 0.25 m 格子状のグリッドデータを用いた。

##### 3.1.2 国土地理院本院における建築物高さの検証

国土地理院本院においても前項と同様、設計図面から高さを読み取ることができた 14 棟の建築物 (以下建築物 A) -N) とする。) を検証対象とした。各建築物の平面位置を図-3 b. に示す。標高値付与ツールに入力する 3 次元点群データには、国土地理院が公共測量成果として収集し管理する航空レーザ測量成果 (2006 年計測) のうち、オリジナルデータ及び 5 m 格子状のグリッドデータを用いた。



a. 国土交通大学校（東京都小平市，5 棟）



b. 国土地理院本院（茨城県つくば市，14 棟）

図-3 高さ情報の検証対象とした建築物の位置

### 3.1.3 建築物高さの比較結果と考察

国土交通大学校における 5 棟の建築物高さの比較結果を表-1 に，国土地理院本院における 14 棟の比較結果を表-2 にそれぞれ示す．表-1 及び表-2 において，左端の列は図-3 に示した建築物の名称，右端の列は設計図面から判読した建築物の最大高さ，中央の列は 3 次元点群データから取得した建築物高さ（最大標高 - 接地面標高）を表している（高さの単位はメートル）．薄い灰色で塗りつぶした列が，建築物ポリゴンが内包する点群データのうち標高値の上位 5% を除外した上での最大標高（点群データを標高値の昇順で並べたときの 95% に位置する値）から計算した建築物高さである．この上位 5% の除外は PLATEAU の 3 次元建築物モデルに倣って適用しているものであるが，本検証においては標高値上位の除外率を 10%，7%，3%，1% 及び 0%（除外なし）と変化させた場合の比較も実施した．中央列見出しの大括弧内の値が除外率を示している．建築物高さ下段の括弧内の数値は，設計図面から読み取った最大高さとの差（3 次元点群データから得た高さ - 設計図面の高さ）である．この差の値について除外率ごとに平均と RMS（二乗平均平方根）を集計した値を表の下部に示した．また，表中では各行について差の絶対値又は RMS が最小になった値を赤色の文字で示している．

表-1 国土交通大学校における建築物高さの比較結果（単位：m）

建築物	90% [-10%]	93% [-7%]	95% [-5%]	97% [-3%]	99% [-1%]	100% [0%]	設計図面
a) 研修棟	22.42 (-0.43)	22.47 (-0.38)	22.52 (-0.33)	22.89 <b>(+0.04)</b>	23.19 (+0.34)	33.38 (+10.53)	22.85
b) 管理厚生棟	12.85 (-0.96)	13.21 (-0.60)	13.31 (-0.50)	13.40 (-0.41)	13.54 <b>(-0.27)</b>	15.55 (+1.74)	13.81
c) 宿泊棟 A	20.41 (-1.49)	21.65 (-0.25)	21.79 (-0.11)	21.91 <b>(+0.01)</b>	21.97 (+0.07)	24.11 (+2.21)	21.90
d) 宿泊棟 B	10.08 <b>(+0.08)</b>	10.10 (+0.10)	10.12 (+0.12)	11.49 (+1.49)	12.75 (+2.75)	14.11 (+4.11)	10.00
e) 宿泊棟 C	20.35 (-1.55)	21.62 (-0.28)	21.81 (-0.09)	21.95 <b>(+0.05)</b>	22.01 (+0.11)	24.23 (+2.33)	21.90
差の平均	-0.87	-0.28	<b>-0.18</b>	+0.24	+0.60	+4.18	
RMS	0.82	0.34	<b>0.28</b>	0.69	1.25	5.21	

表-2 国土地理院本院における建築物高さの比較結果（単位：m）

建築物	90% [-10%]	93% [-7%]	95% [-5%]	97% [-3%]	99% [-1%]	100% [0%]	設計図面
A) 本館	27.40 (-3.60)	27.94 (-3.06)	28.27 (-2.73)	29.29 (-1.71)	32.45 <b>(+1.45)</b>	36.63 (+5.63)	31.00
B) 共用棟	13.98 (-0.67)	14.46 (-0.19)	14.76 <b>(+0.11)</b>	14.98 (+0.33)	15.25 (+0.60)	24.38 (+9.73)	14.65
C) 研究棟 (西)	10.01 (-0.09)	10.03 (-0.07)	10.06 <b>(-0.04)</b>	10.26 (+0.16)	10.40 (+0.30)	13.38 (+3.28)	10.10
D) 研究棟 (東)	9.60 (-2.55)	11.28 (-0.87)	11.54 (-0.61)	11.95 (-0.20)	12.29 <b>(+0.14)</b>	13.86 (+1.71)	12.15
E) 宇宙測地館	17.69 (-2.11)	18.12 (-1.68)	19.39 (-0.41)	19.72 <b>(-0.08)</b>	20.03 (+0.23)	20.50 (+0.70)	19.80
F) 情報サービス館	10.02 <b>(+0.47)</b>	10.06 (+0.51)	10.08 (+0.53)	10.10 (+0.55)	10.20 (+0.65)	10.64 (+1.09)	9.55
G) 科学館	14.46 <b>(+0.66)</b>	14.52 (+0.72)	14.57 (+0.77)	14.63 (+0.83)	14.82 (+1.02)	17.90 (+4.10)	13.80
H) 車庫棟	4.69 (-0.31)	4.72 (-0.28)	4.73 (-0.27)	4.83 (-0.17)	5.04 <b>(+0.04)</b>	5.17 (+0.17)	5.00
I) 特殊排水 処理施設	11.54 (-3.86)	12.71 (-2.69)	15.03 (-0.37)	15.07 (-0.33)	15.35 <b>(-0.05)</b>	15.91 (+0.51)	15.40
J) 実験水槽棟 (測定室)	9.39 (-0.31)	9.55 (-0.15)	9.59 (-0.11)	9.64 (-0.06)	9.69 <b>(-0.01)</b>	9.75 (+0.05)	9.70
K) 測図倉庫 (北)	22.67 (-0.02)	22.69 <b>(±0.00)</b>	22.70 (+0.01)	22.71 (+0.02)	22.79 (+0.10)	23.00 (+0.31)	22.69
L) 地理調査倉庫 (北東)	10.16 (-0.34)	10.43 <b>(-0.07)</b>	10.75 (+0.25)	12.78 (+2.28)	13.02 (+2.52)	14.79 (+4.29)	10.50
M) 観測棟 格納庫	7.39 <b>(+0.09)</b>	7.43 (+0.13)	7.48 (+0.18)	7.55 (+0.25)	8.10 (+0.80)	8.48 (+1.18)	7.30
N) 倉庫棟	8.65 (-0.15)	8.76 <b>(-0.04)</b>	8.92 (+0.12)	9.12 (+0.32)	9.47 (+0.67)	10.59 (+1.79)	8.80
差の平均	-0.91	-0.55	-0.18	<b>+0.16</b>	+0.60	+2.47	
RMS	1.70	1.23	<b>0.81</b>	0.83	0.91	3.60	

表-1 及び表-2 から、点群データの標高値上位を除外しない場合の建築物高さ（除外率 0%，点群本来の最高値）は設計図面から得た最大高さより平均して数メートル程度高くなっている一方、上位 5% を除外して求めた建築物高さは概して設計図面の高さに近い値を示している。なお表には示していないが、中央値標高から求めた高さは、建築物の地表面への投影面積の広い部分について設計図面から読み取った高さにおおよそ一致していた。点群本来の最高値の計測点として、建築物 a) 及び G) では屋上にあるアンテナが、建築物 B) 及び L) では隣接するより高い建築物が取得されていた。よって、標高値が上位の点群を一定割合除外し最大標高を得ることは、ノイズの除去及び現実の建築物と整合した高さの取得に効果的であるといえる。反面、標高値の上位を何パーセント除外すれば設計図面の高さに最も近づくかは建築物によって異なっている。表-1 では建築物 d) が屋根上の植生の影響を受けているほかは、3%程度の除外率が最適になる建築物が多い。表-2 では植生等の影響は見られなかったが、最適な除外率のばらつきの原因には、建築物側面の計測点の影響又は 3 次元点群データの計測年がやや古いため点密度が低く DEM が粗い（格子間隔 5 m）ことによる影響等が考えられる。RMS の値としては表-1、表-2 いずれも除外率 5% が最小となったが、建築物のサンプル数や屋根形状等のパターンを増やして検証を深める必要がある。3 次元建築物の初期整備においては、建築物や地域ごとの特徴等に基づいて標高値上位の除外率を細かく変化させることは効率性の観点から避け、除外率

は一定値とする方針である。一方、このように整備した建築物データの提供に当たっては、高さ情報にある程度の誤差や図-2 (C) のような課題が残ってしまう点を利用者に強調し、利用者が前提として理解した上で活用を促す体制をあらかじめ整えておくことが重要であると考えられる。

### 3.2 道路中心線に付与した標高値の比較検証

道路中心線に付与した標高値の検証に当たり、国土交通省道路局から試験的に提供を受けた道路地図データに含まれる道路の標高値について、標高値付与ツールとの比較や課題箇所の修正に利用できるか検討した。調査の結果、当該道路地図データ内の道路標高データ（以下単に「道路標高データ」という。）に付与された標高値の出典には DEM、MMS や内挿等の多様な手法が混在していた。標高値付与ツールとの比較には MMS で実測された道路の標高値を利用するのが適しており、関東地区の道路標高データについて検証作業を試行することにした。

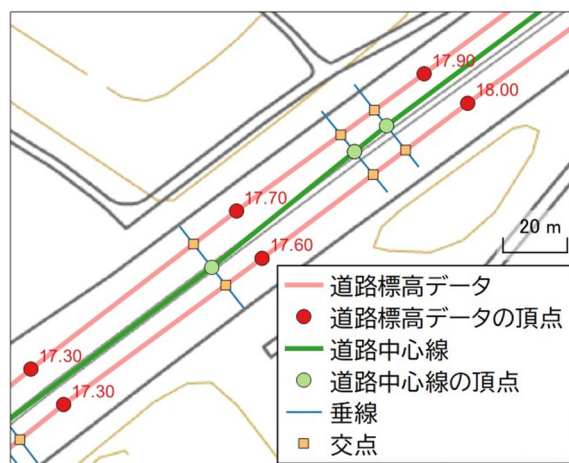
茨城県土浦市周辺の道路標高データから、MMS による標高値を持つ道路を抽出したものを図-4 a. に示す。高速道路や主要国道に MMS 取得の道路標高データがあることが分かる。図-4 b. は常磐自動車道の一部を拡大表示したものである。道路標高データは上下線を別にして取得されていたため、次の方法で道路標高データの標高値を道路中心線に付与し、図-4 a. に示す緑線の区間で道路中心線の比較検証用データを作成した。

- 1) 道路中心線の頂点ごとに、幅員方向へ垂線を発生させる（図-4 b. 青線）。
- 2) 垂線と道路標高データが交差する箇所を交点（図-4 b. 黄四角）として取得する。
- 3) 交点の標高値を、その点が属する道路標高データのセグメント（ラインデータの連続する頂点間の線分をいう。）両端の頂点標高値から距離に応じた線形補間で取得する。
- 4) 複数（本検証区間では 2 点ずつ）ある交点の標高値について、元の道路中心線の頂点からの逆距離加重（IDW）平均を取り、その値を当該道路中心線頂点の標高値として付与する。

標高値付与ツールによる 3 次元道路中心線の作成には、3.1.2 項と同じ公共測量に基づく航空レーザ測量成果（2006 年計測）を用いた。



a. 広域図



b. 常磐自動車道の一部を拡大

図-4 茨城県土浦市周辺の MMS による標高値を持つ道路標高データ

比較検証用データを作成した区間の一部について、標高値付与ツールの出力と、上記の方法で道路標高データの標高値を付与した結果を断面図にして図-5に示す。断面図を作成した区間では、常磐自動車道の下をくぐるトンネルと交差する箇所図-2(E)の課題が頻発していた。道路標高データから標高値を取得する方法は、この課題の解消に有効であることが実証できた。一方、図-2(E)の課題が生じていない箇所は、図-5の断面図からも分かる通り標高値がおおむね一致していた。比較検証用データを作成した全区間の頂点数は、別個のライン同士の接続点での重複を除いて137点であり、標高値の較差(標高値付与ツールで得た値 - 道路標高データから付与した値)を計算した。この較差の絶対値が1m以上であるもの25点(約18%)は、図-2(E)の課題に起因するエラーとして標高値の一致度を確認する集計対象からは除外した。残る112点についての較差は、平均+0.24m、標準偏差0.21mであった。よって、標高値付与ツールで取得した標高値は、MMSによる実測値と整合しているといえる。今後は上記の標高値取得作業のマニュアル化、自動化等を図り、ほかの場所でも道路標高データに含まれるMMSによる実測値を3次元道路中心線の整備に利用できるよう検討を進める。

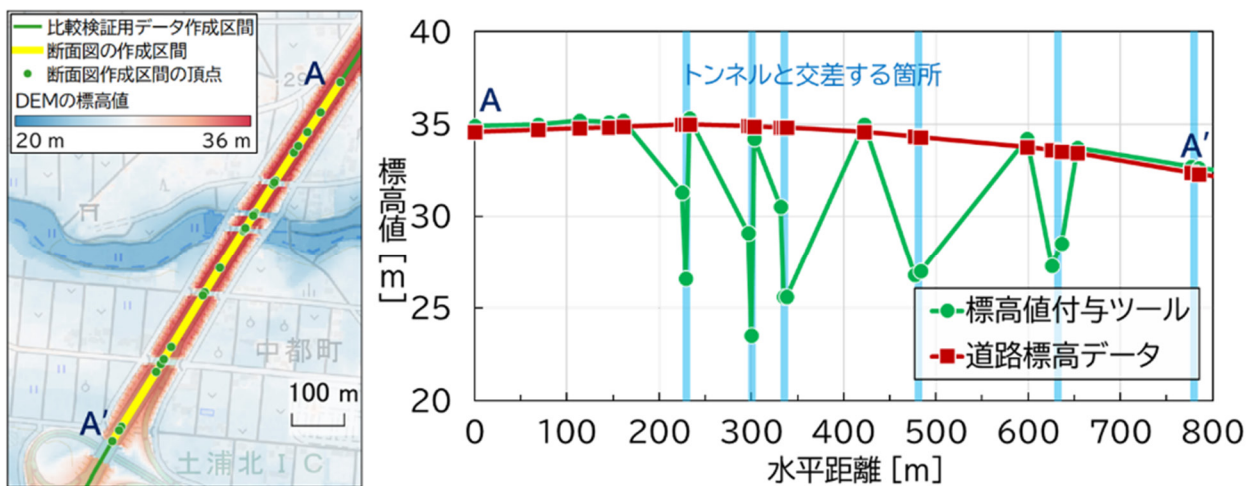


図-5 標高値付与ツールと道路標高データから取得した標高値の比較(断面図の高さ倍率: 20倍)

### 3.3 現地調査による標高値付与状況の検証

図-2(C)～(F)のような課題が生じる直接的な原因を検証するため、広島県尾道市周辺に当たる2次メッシュ番号513351(三成)の範囲約100km<sup>2</sup>のうち、標高値付与ツールの出力結果で3次元形状の不良が生じた30地点を選定し現地調査を行った。標高値付与ツールに入力する3次元点群データには、国土地理院が公共測量成果として収集し管理する航空レーザ測量成果(2022年計測)のうち、オリジナルデータ及び0.5m格子状のグリッドデータを用いた。建築物、道路及び鉄道についてそれぞれ一例ずつ、標高値付与ツールの出力結果を3次元表示したものを図-6、図-7及び図-8に、対応する現地写真を写真-1、写真-2及び写真-3に示した。図-6、図-7及び図-8には対応する各写真の概略の撮影位置及び撮影方向を青矢印で示している。

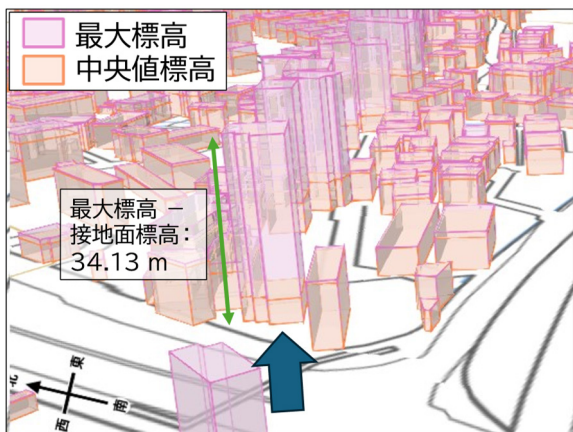


図-6 調査対象建築物の3次元表示



写真-1 図-6の現地写真  
(2025年3月4日撮影, 一部加工)

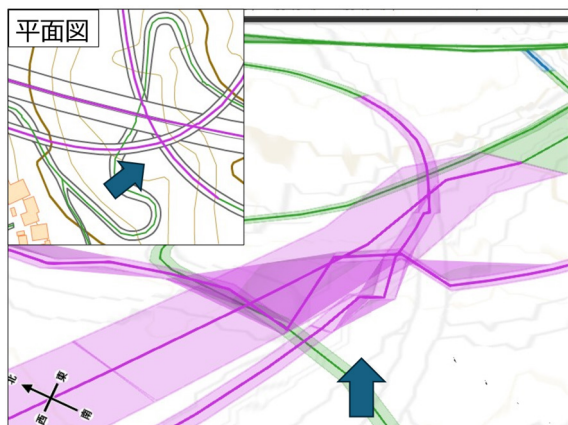


図-7 調査対象道路の3次元表示



写真-2 図-7の現地写真 (2025年3月4日撮影)

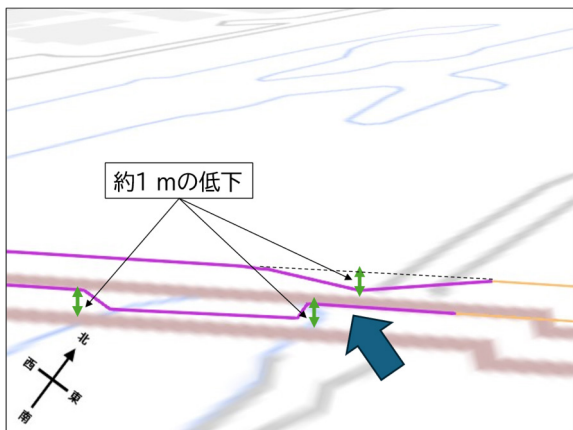


図-8 調査対象鉄道の3次元表示



写真-3 図-8の現地写真 (2025年3月4日撮影)

図-6のような建築物では、屋根の上を通る送電線の影響により、普通建物の種別であるにもかかわらず最大標高から求めた建築物高さが 34.13 m となっていた。簡易レーザ距離計を用いて現地で計測した高さは約 4.6 m であった。中央値標高から求めた当該建築物の高さは 4.58 m であり、よい一致を示している。図-7は尾道 JCT の付近であり、図-7 左上に示した平面図及び写真-2 のように山陽自動車道の本線の上に支線を通る複雑な立体形状で構成されている。このような箇所については自動処理での正確な標高値付与が困難であることが分かる。図-8 では河川を渡る鉄道橋に標高値が 1 m 程度低下する箇所が生じている。鉄道の河川敷からの高さは約 4 m のため、選定時点での原因は不明確であったが、現地で橋梁の下から観察すると、写真-3 のように枕木と橋梁支持物の間に隙間が存在していた。橋・高架では路面の上部にある構造物だけでなく下部の計測点の影響も受けることが判明した。

この 2 次メッシュの範囲では、図-7 のような 3 次元形状の不良が生じた中心線について標高値の手動修正も行った。形状不良の可能性のある箇所の抽出には、近隣 2 頂点の標高値の差分 3 m 以上又は勾配 5% 以上をしきい値として設定した。抽出箇所が DEM と整合している場合は修正不要とした。実際に修正を加えたセグメント数は、道路中心線全 99,126 のうち 295 (約 0.3%)、軌道の中心線全 646 のうち 116 (約 18%) であった。ほかの 2 次メッシュでの割合は橋・高架及びトンネルの数や構造物の状況等によって変わってくるはずであるが、精度管理の一つの目安として利用できると思われる。

#### 4. 標高値付与ツールの改修

電子国土基本図 3 次元化の取組及び標高値付与ツールの検証作業の中で明らかになった課題に対応するため、ツールの操作性改善及び計算機能拡充に係る改修を行った。本章では、標高値付与ツールに加えた改修のうち主要なものについて述べる。なお区別のため、以下本章では令和 5 年度に作成した標高値付与ツールを「既存ツール」、令和 6 年度に改修を行ったツールを「改修ツール」という。

##### 4.1 操作性の改善

既存ツールはプログラム言語 Python で記述され、地理空間情報を扱う各計算処理はデータベース管理システム PostgreSQL を基礎に PostGIS や PDAL 等のライブラリを用いて実装されていた。既存ツールの動作にはまずこれらのプログラムをインストールする必要があり、既存ツールの起動やパラメータ変更は CUI 又はソースファイルの手動編集に限られていた。このため既存ツールはプログラミング等の知識経験が十分でない者には扱いにくく、操作性改善のため全面的な GUI 化を実施した。改修ツールは実行ファイルで起動可能であり、パラメータ設定等も GUI 上で対話的に行えるようにした。

##### 4.2 入力可能形式の拡張

改修ツールにおいて入力可能なデータ形式を、表-3 のように拡張した。既存ツールでは、出力結果の高さ情報付き地図データを改めて入力データとして処理し、高さ情報の追加付与や更新をすることができない構成となっていた。改修ツールでは高さ情報付き地図データの入力に対応し、高さ情報の更新等を可能にした。また、既存ツールでは電子国土基本図（地図情報）の原型データベース（NTX 形式）を数値地図（国土基本情報）地図情報のシェープファイル形式に変換する手間を要していたため、NTX 形式の直接入力にも対応した。DEM の入力について、既存ツールでは国土地理院が基盤地図情報（数値標高モデル）として広く提供している GML 形式には未対応であった。改修ツールでは、基盤地図情報（数値標高モデル）GML 形式の 1 m メッシュ、5 m メッシュ、10 m メッシュいずれの入力にも対応した。また、格子間隔等の異なる複数種類の DEM を同時に入力できるようにし、DEM に任意の優先順位を与え、複数種類の DEM が重複する範囲においては優先順位の高いもののみ使用するような処理を実装した。

表-3 入力可能なデータ形式の対照表

既存ツール		改修ツール
地図データ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 数値地図（国土基本情報）地図情報 SHP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 数値地図（国土基本情報）地図情報 SHP</li> <li>• <u>高さ情報付き地図データ SHP</u></li> <li>• <u>NTX 形式</u></li> <li>• <u>数値地図（国土基本情報）地図情報と同等の SHP</u></li> </ul>
DEMデータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 数値地図（国土基本情報）5 m メッシュ標高情報 SHP</li> <li>• カンマ区切りテキストファイル</li> <li>• GeoTIFF ファイル</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 数値地図（国土基本情報）5 m メッシュ標高情報 SHP</li> <li>• カンマ区切りテキストファイル</li> <li>• GeoTIFF ファイル</li> <li>• <u>基盤地図情報（数値標高モデル）GML 形式</u></li> <li>• <u>標高値を任意の属性又は Z 値に持つ SHP</u></li> </ul>

### 4.3 中心線の勾配異常検出及び修正

標高値を付与した中心線の勾配を調べ、実際には存在し得ないような急傾斜となった箇所を検出する手法は、3.3 節で見たように図-2 (D) ~ (F) の課題箇所の抽出及び修正に有効であると考えた。そこで、中心線のセグメントごとに勾配を、頂点ごとに勾配の変化値（頂点に接続する 2 セグメントの勾配の差）を算出し、それらの絶対値がしきい値以上である場合、異常箇所として検出する機能を追加した。勾配及びその変化値の絶対値のしきい値は、道路構造令等を参考に表-4 を初期値とした。

勾配異常・勾配変化値異常の検出箇所に加え、中心線と水涯線の交点及び標高値が付与できなかった箇所等については条件ごとに選択し、標高値付与の状況を巡回して確認できる機能を設けた。さらに、当該箇所の標高値を、隣接する頂点からの内外挿や中心線の断面図表示に基づき改修ツール内で直接修正することを可能にした。

表-4 勾配異常及び勾配変化値異常として検出するしきい値の初期値

データ種別	属性値			勾配しきい値	勾配変化値しきい値
	種別	幅員区分 <sup>1)</sup>	道路分類 <sup>1)</sup>		
道路中心線	通常部	3 m 未満	全て	20 / 100	勾配しきい値と同じ値
		上記以外	国道又は高速自動車国道等	5 / 100	
			上記以外	12 / 100	
	上記以外 <sup>2)</sup>	全て	全て	対象外 <sup>3)</sup>	
軌道の中心線	索道			対象外 <sup>3)</sup>	
	上記以外 <sup>2)</sup>			35 / 1000	

- 1) 軌道の中心線には、幅員区分属性及び道路分類属性は存在しない。
- 2) 道路中心線においては「庭園路」、「徒歩道」及び「石段」等、軌道の中心線においては「普通鉄道」「特殊鉄道」「路面」「側線」等の種別を指し、本文中の通常部、橋・高架及びトンネル等とは異なる。
- 3) 該当データは初期設定として勾配異常及び勾配変化値異常の検出を省略する。

### 4.4 中心線の橋・高架とその周辺の標高値取得方法の変更

図-2 (B) の不連続修正及び図-2 (D) の路面以外の計測点に起因する中心線の 3 次元形状不良の発生低減を目標に、令和 5 年度の時点で試行途中であった、中心線から作成したバッファ内にある点群データの標高値の中央値を橋・高架とその周辺の標高値として取得する方法を実装した。既存ツールと比較した取得方法の概略を図-9 に示した。既存ツールでは中心線の橋・高架において、頂点から一定距離内にある点群データから発生させた TIN を用いて標高値を取得していた。この場合、頂点を含む三角形を構成する点群データ 3 点の標高値のいずれかに路面以外を計測した外れ値があると、その

影響を大きく受けていた。改修ツールでは、点群データの探索範囲を中心線の幅員方向及び延長方向のバッファポリゴンの領域に拡大するとともに、中央値が外れ値の影響を受けにくいという特徴に注目した。また、橋・高架周辺の標高値変化を滑らかにするため、橋・高架に接続する通常部等の3セグメント分（初期値）の標高値も、同様にバッファポリゴン内の中央値で取得することにした。

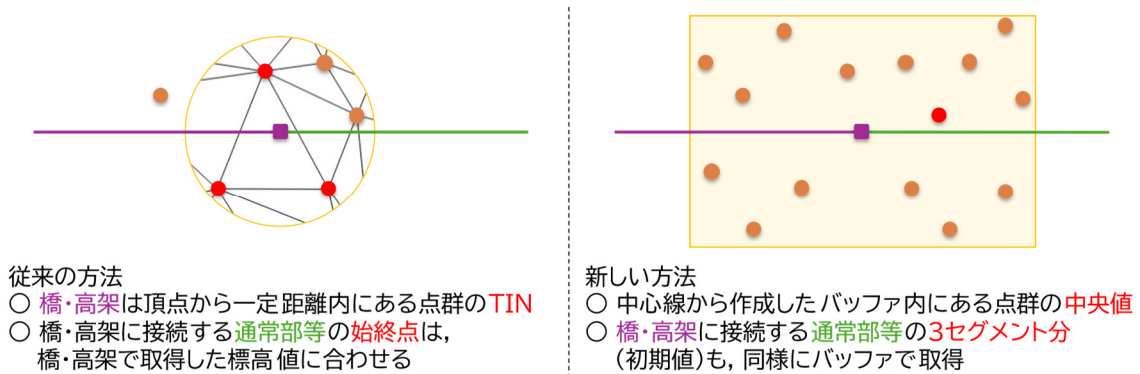


図-9 中心線の橋・高架とその周辺の標高値取得方法変更の概略

この取得方法の検証のため、既存ツールと改修ツールとで作成した、神奈川県鎌倉市にある湘南モノレールの一部区間（特殊鉄道の橋・高架）の出力結果を断面図にして図-10に示す。本検証では、神奈川県環境農政局緑政部森林再生課がオープンデータとして提供し、G空間情報センターのWebサイトに掲載している「横浜南部，湘南，横須賀三浦3次元点群データ」（2021年計測）のオリジナルデータを用いた。図-10の薄い黒点は当該点群データから自動計算した断面標高であり、内挿のため軌道面と地表面の中間の点も含まれている。軌道面の幅が狭いモノレールでは下部地表面を計測した点の影響を大きく受け、既存ツールでは軌道面の標高をほとんど捉えられていなかった。改修ツールでは軌道面の標高の取得について大幅な改善が見取れる。改修ツールでも部分的に生じた標高値が急激に低下する箇所は、4.3節の方法で検出及び修正が可能である。

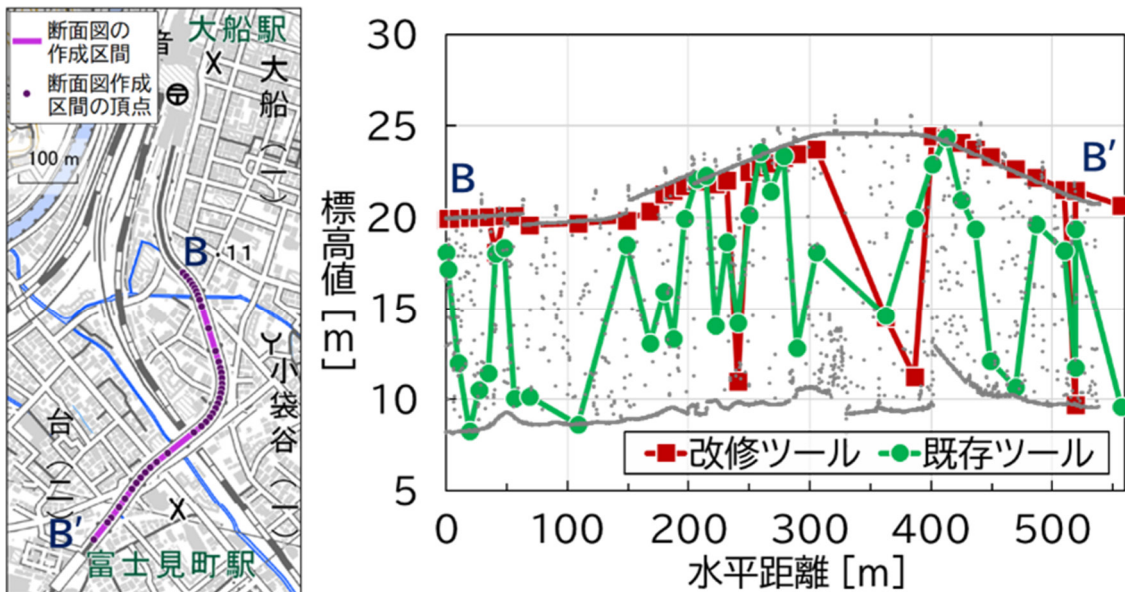


図-10 既存ツールと改修ツールで取得した鉄道の標高値の比較（断面図の高さ倍率：15倍）

3次元点群のデータ提供：（神奈川県環境農政局緑政部森林再生課）

## 5. まとめと展望

本稿では令和5年度に作成した標高値付与ツールの検証を行い、図-2で挙げたような課題の生じていない箇所についてはツールで自動付与した標高値が現実の地物と整合していることを実証した。また、広島県尾道市周辺で課題が生じた場所の現地調査を行い、その直接的な原因を確認した。さらに、標高値付与ツールの改修に伴う操作性改善及び計算機能拡充について報告した。

今後はまず改修した標高値付与ツールによる、道路及び鉄道を主とした改善効果を精査する。一方、図-2(C)、図-6及び写真-1のような建築物最大標高の修正を要する箇所は自動検出が難しく、本稿のツール改修に含めることができなかった。理想的には点群データを地物の種類ごとに細分化し、植生や送電線等を除去し屋根面を計測した点群のみを建築物標高の取得に使用できるようになることが望ましい。このような点群データのクラス分類等に関する研究開発の技術動向も注視していく。また、PLATEAUをはじめとするオープンデータを利用した3次元化についても検討を進める必要がある。

電子国土基本図の3次元化について国土地理院は2025年3月21日に報道発表を行い(国土地理院, 2025b), 続く2025年3月26日には3.3節で述べた広島県尾道市周辺の手動修正後データを試作データとして公開した(国土地理院, 2025a)。令和7年度はこのデータを基に有識者等へのヒアリングを行い、その調査検討結果を踏まえた上で3次元電子国土基本図の本提供を順次開始する予定である。国土地理院としては2028年度までの国土全域を対象とした電子国土基本図3次元化の達成を目指し、引き続き取組を進めていく。

## 参考文献

デジタル庁 (2024) : デジタル社会の実現に向けた重点計画 | デジタル庁,

<https://www.digital.go.jp/policies/priority-policy-program> (accessed 31 Mar. 2025).

一般社団法人社会基盤情報流通推進協議会 : G 空間情報センター, <https://front.geospatial.jp/> (accessed 31 Mar. 2025).

神奈川県 : 神奈川県オープンデータカタログサイト, <https://opendata.pref.kanagawa.jp/> (accessed 31 Mar. 2025).

国土地理院 (2025a) : 3次元電子国土基本図 | 国土地理院,

<https://www.gsi.go.jp/kibanjoho/mapinfo3D.html> (accessed 31 Mar. 2025).

国土地理院 (2025b) : 日本全国の3次元地図の整備を進めています — 3次元電子国土基本図の試作データを公開 — | 国土地理院, <https://www.gsi.go.jp/kibanjoho/kibanjoho61007.html> (accessed 31 Mar. 2025).

国土交通省 : PLATEAU [プラトー] | 国土交通省が主導する、日本全国の3D都市モデルの整備・オープンデータ化プロジェクト, <https://www.mlit.go.jp/plateau/> (accessed 31 Mar. 2025).

大久保弘樹, 吉高神真利子, 南秀和 (2024) : 3次元点群を用いた地図データへの標高値付与ツールの作成, 国土地理院令和5年度調査研究年報, 58-67.

東京都 (2021) : 東京都デジタルツイン実現プロジェクト | 東京都デジタルサービス局, <https://info.tokyo-digitaltwin.metro.tokyo.lg.jp/> (accessed 31 Mar. 2025).