ベクトルタイルの表示性能向上に向けた技術的検討（第 2 年次）

実施期間　令和 2 年度～令和 3 年度
地理空間情報部情報普及課　川井　拓弥　淺田　剛史
大矢　和生　渡部　金一郎

1. はじめに

国土地理院では，現在，画像形式で提供しているウェブ地図用のタイルデータをベクトル形式で提供すべく，ベクトルタイルの提供実験を行っている．

ベクトルタイルは，地物の位置，形状，属性等のデータを保持しており，これとデザインを規定したスタイルファイルを組み合わせて，ユーザ側のウェブブラウザ上において描画処理されることで地図として表示される（図-1）．

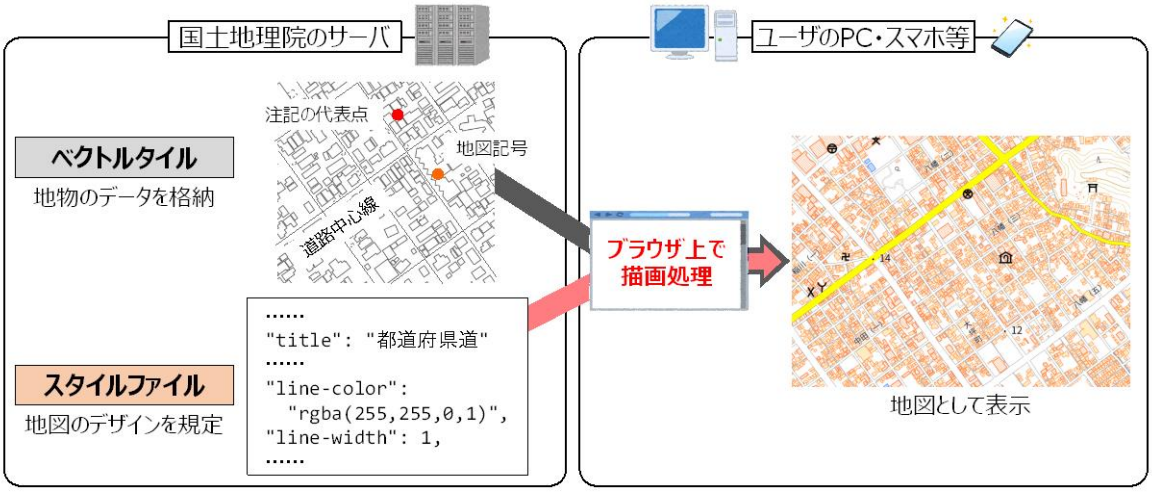

図-1　ベクトルタイルを地図として表示する仕組み

ベクトルタイル提供実験の開始当初は，ベクトルタイルにおいても画像形式の地理院タイル（地理院地図（https://maps.gsi.go.jp/）において閲覧可能なもの）と同等の地図表現の実現を目指した．しかし，それではブラウザ上での地図の描画に時間がかかり，快適な閲覧ができないことが明らかとなった．

このため，令和元年度から，画像形式の地理院タイルに比べて簡略化された地図表現を前提とした Mapbox Vector Tile 形式のベクトルタイル及びこれに対応したスタイルファイルの提供（神田ほか，2020）や，建物の外周線データの不使用化，鉄道の旗竿記号の改善等の取組（川井ほか，2021）を行ってきた．

本稿では，令和 2 年度に引き続き，令和 3 年度に実施したベクトルタイルの表示性能向上に向けた技術的な取組について紹介する．

2. ベクトルタイルの最適化

2.1 軽量化

ウェブ地図においてベクトルタイルを表示する際は，必要な範囲及びズームレベル（以下「ZL」と

いう.）のベクトルタイルをその都度サーバからダウンロードすることになるため，表示速度の向上に当たっては，ベクトルタイルを軽量化することが何よりも重要である．そのため，ベクトルタイルを軽量化するための各種検討を実施した．

まず，提供実験中のベクトルタイル（以下「現行ベクトルタイル」という.）の ZL ごとのファイルサイズを表-1 に示す．

表-1　現行ベクトルタイルのファイルサイズ

ZL	総ファイル数	100kB 以上 256kB 未満のファイル数	256kB 以上のファイル数	平均サイズ [kB]	最大サイズ [kB]
4	5	0	0	12.9	28
5	11	0	0	6.8	31
6	30	0	0	6.3	50
7	67	0	0	3.5	27
8	391	25	6	19.1	484
9	1,296	31	0	8.9	238
10	4,644	20	0	4.7	167
11	6,311	1	0	10.1	101
12	23,627	0	0	3.7	51
13	90,378	204	43	3.4	686
14	138,881	9,313	189	47.4	768
15	544,735	17,557	1767	23.1	536
16	2,157,827	2,288	0	7.9	184

表-1 から分かるように，ZL8 及び ZL13～15 において 256kB を超えるファイルが存在していることから，本検討では，これらの ZL を中心に，最大サイズが 256kB，平均サイズが 100kB を大きく下回るよう，ベクトルタイルの軽量化を行うこととした．

具体的には，以下の要素を中心として，軽量化のための方策を検討した．

2.1.1 ZL8 における水域及び河川中心線

ZL8 のファイルサイズが大きくなる主な要因としては，ZL8 としては微少な面積の水域ポリゴンと河川中心線（河川上流部の一条河川）が多数存在することが挙げられる（図-2 左）．

これは，元データにおいては河川のポリゴンが支流も含め極めて複雑でノード数も多くなっているところ，ベクトルタイルに変換する際にベクトルタイル作成ライブラリである Tippecanoe の内部処理により多数のノードが間引きされ，ポリゴンの形状がつぶれて分割されるためである．

そこで，本検討では，ZL8 のベクトルタイルには河川の水域及び河川中心線を格納しないこととした（図-2 右）．

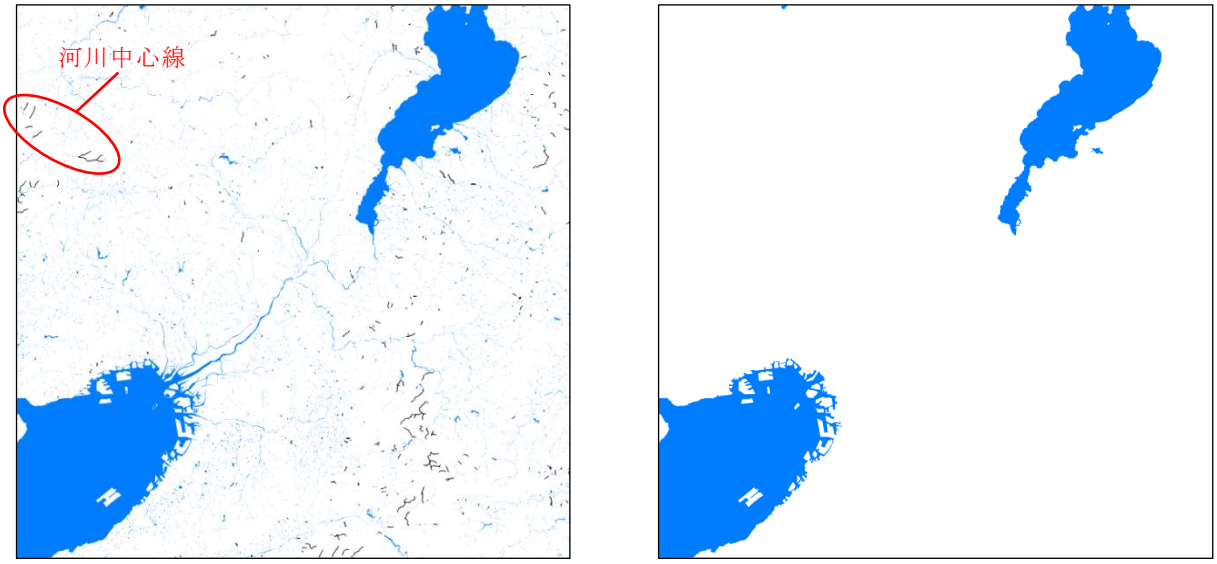

図-2　ZL8 の水域及び河川中心線（左：現行，右：検討結果）
（ZL: 8，X: 224，Y: 101，ファイルサイズ: 478 kB → 35.0 kB）

2.1.2 ZL13～15 における建物

ZL13～15 のファイルサイズが大きくなる主な要因としては，特に都市部において建物の数が多いことが挙げられる（図-3 左）．建物について，現行ベクトルタイルでは，ZL13 では堅ろう建物・高層建物のポリゴンのみを，ZL14 では堅ろう建物・高層建物のポリゴン及び外周線を格納し，ZL15・16 では普通建物等を含めたすべての建物のポリゴン及び外周線を格納している．

今回の検討においては，ZL13 では建物をすべて格納しないこととし，ZL14・15 では建物種別によらず一定面積以下（ZL14：1,250 m^2 以下，ZL15：625 m^2 以下）の建物を格納しないこととした（図-3 右）．また，令和 2 年度の検討を踏まえ，ZL14～16 のベクトルタイルに建物の外周線のデータを格納しないこととし，建物の外周線を描画する際は，建物ポリゴンの枠線を描画することとした．

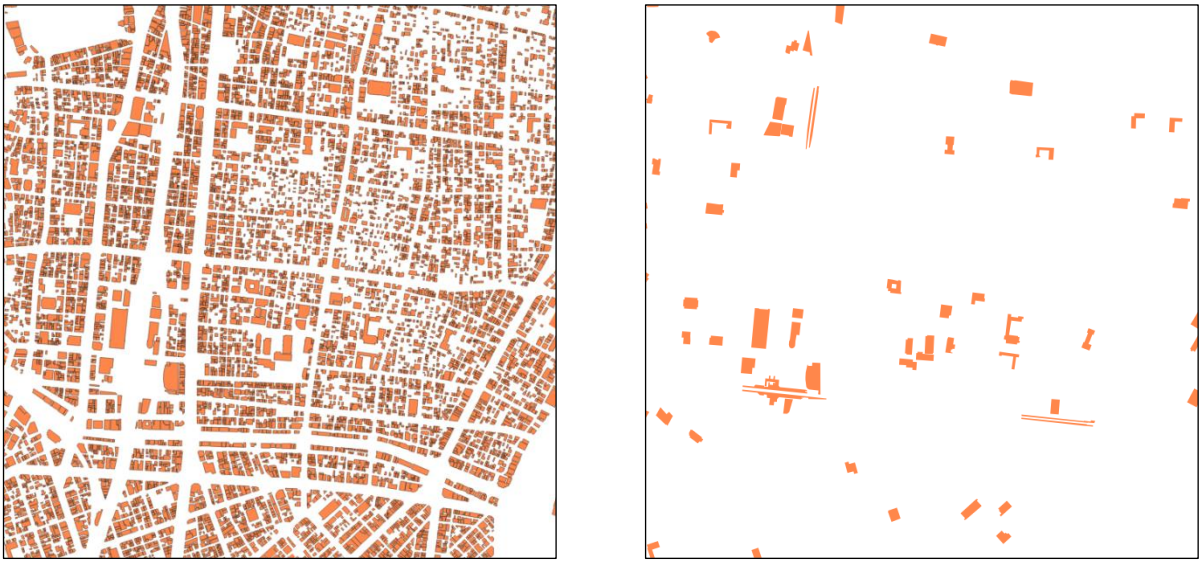

図-3　ZL14 の建物（左：現行，右：検討結果）
（ZL: 14，X: 14553，Y: 6450，ファイルサイズ: 768 kB → 37.0 kB）

2.1.3 ZL14 における岩，崖，砂礫地，雨裂の記号

険しい山岳地帯における ZL14 のファイルサイズが大きくなっている主な要因としては，等高線が密であることや，岩や崖等の地形を表す記号が密に配置されていることが挙げられる（図-4 左）.

そこで, 本検討では, 等高線については ZL13 以下のベクトルタイルにも格納していることから ZL14 以上のベクトルタイルにも格納することとし，岩，崖，砂礫地，雨裂の各記号については ZL15 以上のベクトルタイルにのみ格納することとした（図-4 右）.

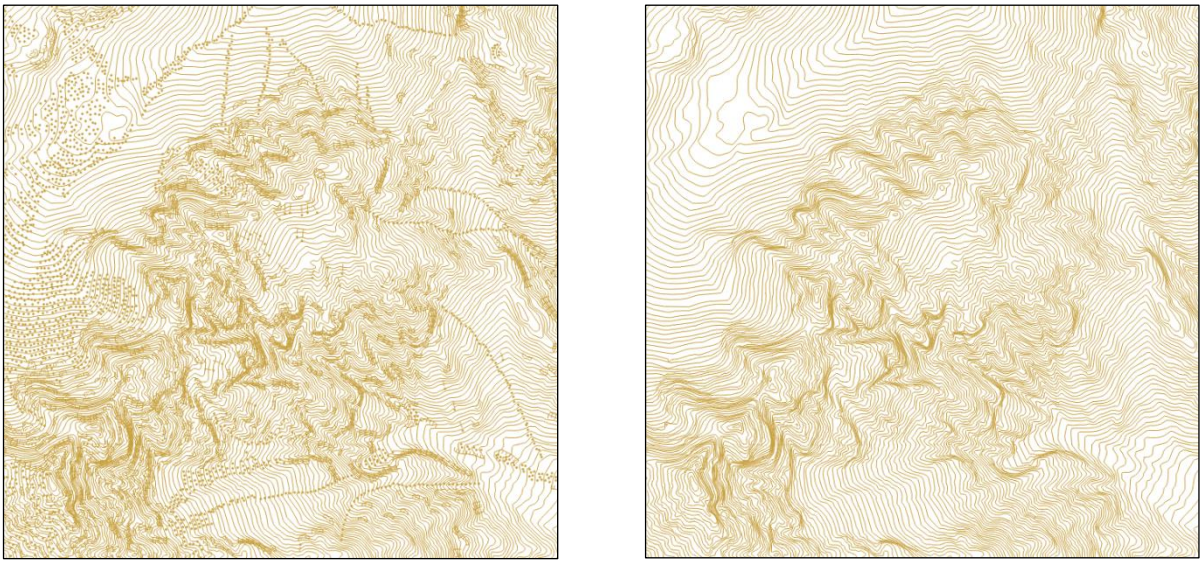

図-4　ZL14 の地形表現のためのデータ（左：現行，右：検討結果）
（ZL: 14，X: 14457，Y: 6417，ファイルサイズ: 320 kB → 97.2 kB）

2.1.4 ZL14～15 における水域及び水涯線

平野部の一部において，ZL14～15 のファイルサイズが大きくなっている主な要因としては，用水路のような細長い水域及びその水涯線が大量に存在することが挙げられる（図-5 左）.

そこで，本検討では，ZL14～15 では面積が小さい水域をベクトルタイルに格納しないこととするとともに，ZL13 以下と同様に水涯線も格納しないこととした（図-5 右）.

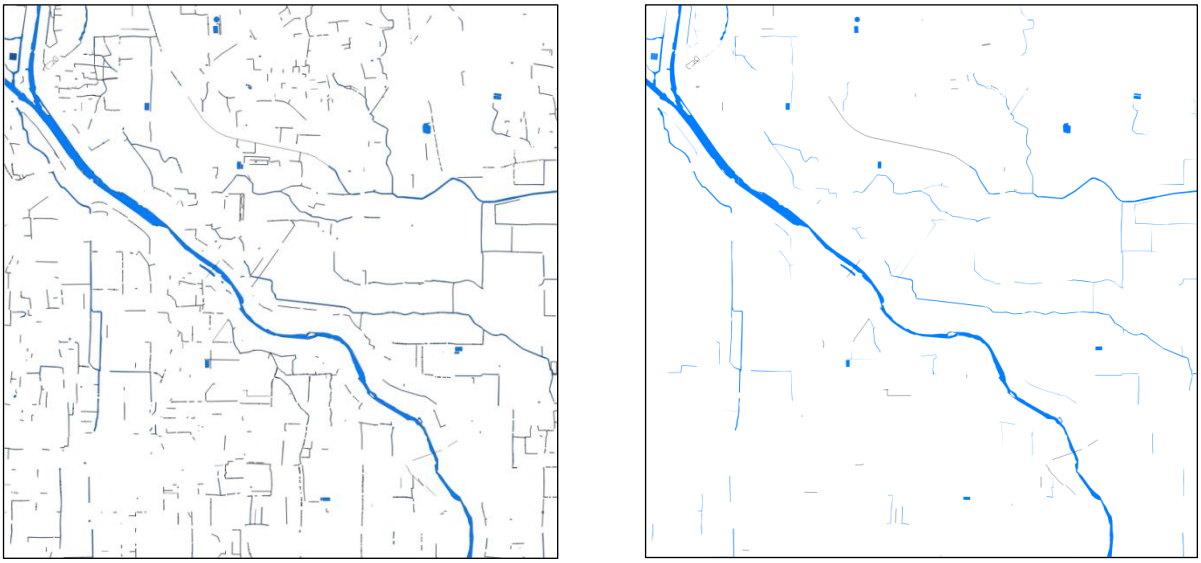

図-5　ZL14 の水域と水涯線（左：現行，右：検討結果）
（ZL: 14，X: 14362，Y: 6499，ファイルサイズ:365 kB → 27.6 kB）

2.1.5 軽量化についてのまとめ

以上に挙げた対応を行ったベクトルタイルを試作したところ，表-2 のようにファイルサイズを大きく減らすことができた．

表-2　試作したベクトルタイルのファイルサイズ

ZL	総ファイル数	100kB 以上 256kB 未満のファイル数	256kB 以上のファイル数	平均サイズ [kB]	最大サイズ [kB]
4	5	0	0	6.7	19
5	11	0	0	4.4	18
6	30	0	0	4.5	37
7	67	0	0	2.5	20
8	391	0	0	1.8	35
9	1,296	0	0	2.5	49
10	4,644	0	0	2.7	72
11	6,311	0	0	6.4	51
12	23,627	0	0	2.6	26
13	90,378	0	0	1.6	47
14	138,741	3	0	21	130
15	544,449	0	0	8.5	74
16	2,157,828	0	0	4.1	50

2.2 ユーザビリティの向上

現行ベクトルタイルでは，元データの属性名や属性値を基本的にそのまま用いていたため，実質的

には同じ属性項目であっても，ZL 毎に属性名や属性値が異なっていた．そのため，ベクトルタイルのスタイルを設定する際，複数の資料を確認しながら別個に設定する必要があった．

そこで，ベクトルタイルのスタイルの設定に関するユーザビリティの向上のため，実質的に同じ属性項目については，その属性名と属性値を ZL 間で統一した．その際，属性名やデータ型は，原則として既に刊行している「数値地図（国土基本情報）」のものに合わせた．

2.3 地図表現を意識した改善

2.3.1 回転した時の注記の表示の改善

注記文字列が元データ上で 1 文字ずつの点データに分かれている注記は，地図を 180 度回転した場合には，右から左，下から上に表示される（図-6 左）．

この状況を改善するために，注記の点データを繋げて線データに加工し，地図を回転させても注記の向きが正しく表示できるようにした（図-6 右）．

また，元データで「表示角度」が設定されている注記も，地図を回転した場合に適切に表示することができなかった．このような注記は，対象の地物に沿って配置されていることが多いことから，これも線データに加工し，地図を回転したときに対象の地物から離れないようにした（図-7 右）．

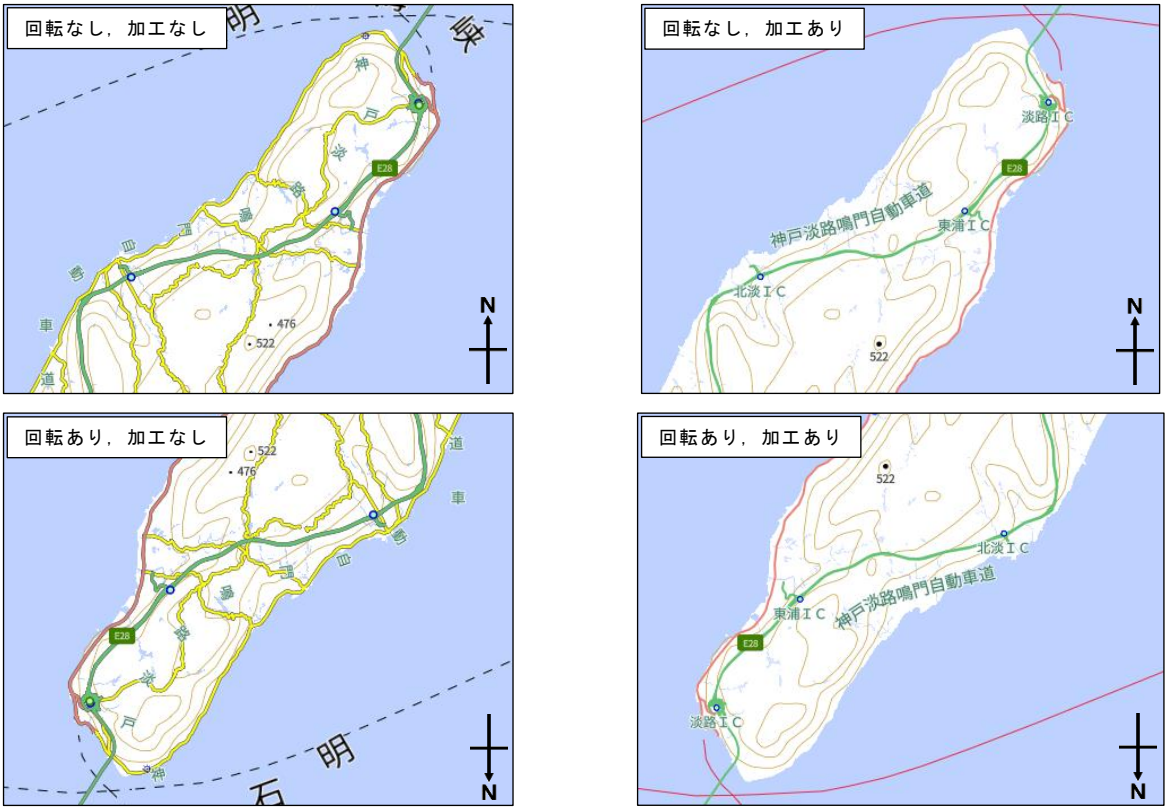

図-6　1 文字ずつに分かれている注記の表示例

（上段：回転せずに表示，下段：180°回転して表示）

（左：分かれたまま表示，右：線データに加工した上で表示）

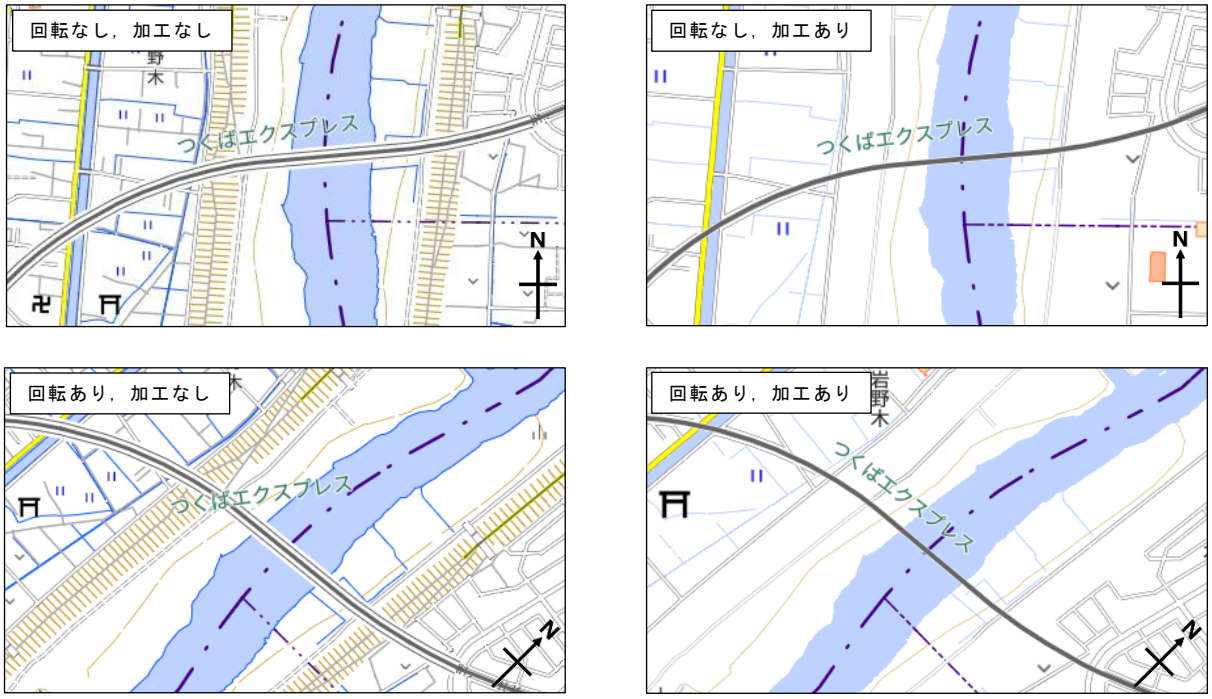

図-7　表示角度が設定されている注記の表示例（「つくばエクスプレス」，約 7.8 度）
（上段：回転せずに表示，下段：45°回転して表示）
（左：点データのまま表示，右：線データに加工した上で表示）

2.3.2 地物の上下関係を表現できるようにするための属性の整備

道路中心線，鉄道中心線，建物について，元データに存在し，画像形式の地理院タイルを描画する際に用いられている地物の上下関係に関する属性「階層順（lvOrder）」をできるだけ反映できるようにした．

Mapbox GL JS では，スタイルファイルに記述したスタイル定義の順に地物が描画される仕組みであるため，階層順を描画順に反映するためには，階層順の値ごとにスタイルを定義する必要がある．しかし，元データに存在する階層順の値の数だけスタイルを定義すると，それだけスタイルファイルのファイルサイズが増えることになり，また，元データにこれまで存在しなかった階層順の値が新たに格納された場合はその都度スタイル定義を追加する必要がある．

そこで，元データの階層順の値ごとの個数を調べた結果，4 より大きい値が付与されている地物の個数が 4 以下の地物の個数に比べて極端に少なかったことから，元データの階層順の値が 4 以上の地物のベクトルタイルにおける階層順の値は一律に 4 とした．これによって，階層順が 0，1，…，4 の 5 つのスタイル定義をすればよいこととなった．

2.3.3 特殊な形状をした記号の加工

凹地及び流水方向を表す矢印記号並びに船舶記号は，元データでは一本のラインデータであるため，そのままでは地図上に矢印の形や船の形を表示できない．

そのため，凹地の矢印記号（凹地方向線）と船舶記号は，1 本のラインデータを記号の形状どおりのラインデータに加工して表示することにより，また，流水方向は，1 本のラインデータを向きの属性を付与した点データに加工し，そこに矢印記号を他の地図記号と同様の形式で表示することにより，適切な地図表現を可能とした（図-8）．

図-8　特殊な形状をした記号の表示例（左：凹地方向線，中央：流水方向，右：船舶）

2.4 その他

「交通トンネル口」の坑口記号そのもののラインデータが存在しない箇所について，道路中心線・鉄道中心線の向きや角度から坑口記号のラインデータを発生させることを検討した．しかし，ZL に応じた道路中心線・鉄道中心線の太さの変化に合わせて坑口記号の大きさを変化させることが難しいため，本検討でも現行と同じくベクトルタイルに「交通トンネル口」を一律に含めないこととした．

3. スタイルファイルの最適化

3.1 軽量化

スタイルファイルは，ベクトルタイルを表示するウェブ地図にアクセスしたときにサーバからダウンロードされる．そしてウェブブラウザにおいて，ダウンロードされたスタイルファイルに記述されているスタイル定義が読み込まれ，地図が描画される．

スタイル定義の数は地図の描画処理にかかる時間に影響するため，表示速度の向上に当たっては，スタイル定義の数を減らし，スタイルファイルのファイルサイズを軽量化することも重要である．

現在提供実験中のスタイルファイルは，Mapbox Style Specification をベースにしつつも，ベクトルタイルの閲覧サイトである「地理院地図 Vector（仮称）」（https://maps.gsi.go.jp/vector/）（以下「地理院地図 Vector」という．）においてのみ利用できる独自仕様となっている．この独自仕様のスタイルファイルを Mapbox Style Specification に準拠した記述に変換した場合，スタイル定義の数は 941，ファイルサイズは 1.14 MB となり，他者が提供しているいくつかのウェブ地図のスタイルファイルに比べてスタイル定義が複雑であり，それゆえ，ベクトルタイルを表示する際，スタイルファイルの読み込みとウェブブラウザ上での描画処理に時間がかかっていることが課題であった．

そこで本検討では，地図表現を大きく損なわない程度に地図表現を簡略化するほか，Mapbox GL JS の"expression"（地図表現を規定するための関数のようなもの）を活用して複数のスタイル定義を統合することでその数を減らし，ファイルサイズが 256kB 以下になるようにすることで，描画処理時間の短縮化を図った．

具体的には，スタイル定義について，提供実験中のスタイルファイルでは，地物ごとに地物種別コードで絞り込むことにより特定の地物を指定し，それに対してスタイルを定義する形の記述になっているところ，本検討では，まとめられるスタイル定義を極力まとめ，その中で地物種別コードごとに

適用するスタイルを記述することとした（図-9）.

この結果，スタイル定義の数及び全体的な記述量が削減され，スタイル定義の数は 80 程度，ファイルサイズは 50 kB 程度まで減らすことができた．加えて，描画処理の際にはスタイル定義ごとに同一のベクトルタイルが参照される仕組みであるところ，このようにスタイル定義の数を減らすことで，ベクトルタイルの参照回数も減らすことができた．

```
{
  "id": "湿地",
  …
  "filter": ["all", ["in", "ftCode", 7401]],
  "paint": {
    "fill-color": "rgba(153,238,192,1)"
  }
},
{
  "id": "万年雪",
  …
  "filter": ["all", ["in", "ftCode", 7402]],
  "paint": {
    "fill-color": "rgba(20,90,255,1)"
  }
},
{
  "id": "砂礫地",
  …
  "filter": ["all", ["in", "ftCode", 7403]],
  "paint": {
    "fill-color": "rgba(200,160,60,1)"
  }
},
```

スタイル定義ごとに
地物種別コードでフィルター

```
{
  "id": "地形表記面",
  …
  "paint": {
    "fill-color": [
      "match", ["get", "vt_code"],
      7401, "rgba(153,238,192,1)",   ←湿地
      7402, "rgba(20,90,255,1)",     ←万年雪
      7403, "rgba(200,160,60,1)",    ←砂礫地
      "rgba(0,0,0,0)"
    ]
  }
},
```

1つのスタイル定義の中で
地物種別コードに応じた描画方法を指定

→ スタイル定義数の削減

図-9　スタイル定義の比較（左：現行，右：検討結果）

3.2 ユーザビリティの向上

前述のとおり，提供実験中のスタイルファイルは，ベクトルタイルの閲覧サイトである地理院地図 Vector にデザイン編集機能を実装する場合に，スタイルファイルの取扱いが容易になるよう，当該サイトにおいてのみ利用できる独自仕様で設計されている．

しかし，ベクトルタイルは，国土地理院が提供するウェブ地図において表示するほか，その他の様々な場面で利用されることを目指して提供するものであることから，スタイルファイルも一般的かつオープンな仕様に基づいて提供する必要がある．そのため，本検討では，Mapbox Style Specification に準拠した仕様でスタイルファイルを記述することを前提とした．

また，本検討では，ベクトルタイルの利用の幅を可能な限り広げる観点から，Mapbox GL JS の派生ライブラリである MapLibre GL においても Mapbox GL JS で表示したときと同じように表示できるようなスタイルファイルとした．

ただ，MapLibre GL で読み込めるスタイル仕様は Mapbox GL JS のそれと一部異なり，例えば，ある地物を破線で表現したい場合は同一の表現をする地物ごとにスタイル定義を分ける必要がある．しかし，スタイル定義を分けると，スタイルファイルの容量が増え，描画順の制御も難しくなってしまう．そこで，破線以外の表現でも他の地物と区別できる場合は，実線で薄い色とする，透明度を付与するなど破線以外の表現とした．ただし，記号の種類が少ない行政界及び枯れ川等については，例外的にスタイル定義を分け，破線の表現とした．

3.3 地図表現を意識した改善

道路中心線，鉄道中心線及び建物について，ベクトルタイルに格納した「階層順」ごとのスタイル定義をスタイルファイルに記述することにより，地物の上下関係を表現できるようにした．

また，道路中心線，鉄道中心線等は，ZL の拡大縮小時に不連続な表現となることを防ぐため，線幅に連続性を持たせた．令和 2 年度に検討した ZL 間の地図表現の不連続の解消についても，一部の表現を再検討の上反映した．

4. 今後の取組

今後は，ベクトルタイルの正式提供に向けて，今回の検討結果を反映したベクトルタイル及びスタイルファイルを様々な関係者に試用及び評価していただく予定であり，その結果を踏まえてさらに改良を続けていく予定である．

参考文献

神田兵庫，渡辺亮佑，茂木宏仁，北浦一輝（2020）：地理院地図 Vector（仮称）における表示高速化のための取組と全国データ公開，国土地理院令和元年度調査研究年報，56-59.

川井拓弥，神田兵庫，茂木宏仁，北浦一輝，佐藤壮紀（2021）：ベクトルタイルの表示性能向上に向けた技術的検討，国土地理院令和 2 年度調査研究年報，60-66.

Mapbox: Mapbox Vector Tile Specification, https://github.com/mapbox/vector-tile-spec (accessed 15 Mar. 2022).

Mapbox: Style Specification, https://docs.mapbox.com/mapbox-gl-js/style-spec/ (accessed 15 Mar. 2022).