

## 国連ベクトルタイルツールキットの活用推進 Promotion of the United Nations Vector Tile Toolkit

企画部 藤村英範  
Planning Department FUJIMURA Hidenori

### 要 旨

国土地理院では、2010年代に本格的に実用化されたウェブ地図の新技术であるベクトルタイル技術を、様々な機関で活用できるようにオープンソース方式で広く共用していく施策を2014年から実施してきた。この施策の国連での活用可能性を認め、2017年に国連事務局フィールド支援局情報通信技術部（当時）は日本政府との覚書を締結し、上級地理空間専門官を国連地理空間情報課に受け入れた。国連ベクトルタイルツールキットは、公的機関をはじめとする地図提供組織が最新のウェブ地図技術を共用することで、多様な主体による多様な地図が取り残されることなくウェブに供給されるようにすることを目的として、この国連上級地理空間専門官が創設したプロジェクトである。

ベクトル形式による地球規模の地理空間情報を80時間以内にベクトルタイルに変換できる性能を持つ国連ベクトルタイルツールキットの方法論を、国連事務局や、国土地理院をはじめとする世界の地理空間情報当局、さらにはその他の公的機関やあらゆる組織で活用できるようにし、そのことによって国連ベクトルタイルツールキットのプロジェクト自体を持続可能なものにしていくことがソフトウェア開発リソースの制約上必要となっている。

そこで、国連ベクトルタイルツールキットのデモ及び技術移転を容易にするために、国連ベクトルタイルツールキットのソフトウェア及び題材となるデータをインターネット接続なしで活用できるように超小型PCを用いたパッケージングを行った。また、地球規模課題、特に国土地理院が関与する国連専門家委員会の議事における国連ベクトルタイルツールキットの意義を整理した。

### 1. ベクトルタイルによる国連協力の実現

#### 1.1 ウェブ地図における国土地理院の経験

あらゆる情報やコミュニケーション、さらには経済活動がウェブ上で取り扱われるようになっていく流れの中で、地理空間情報をウェブブラウザ上で効率的に取り扱う技術である「ウェブ地図」の技術は2000年代に実用化された。さらに2010年代には、ベクトル形式の地理空間情報をベクトル形式のまま端末まで送付することで、通信効率・表示品質・機械判読可能性のすべてを従来方式よりも格段に向上

させる、ベクトルタイル技術が実用化された。

国土地理院では、早くも2003年にはベクトルタイル方式のウェブ地図システム「電子国土 Web システム」を運用開始している（大野ほか, 2003）。その後、ウェブにおけるソフトウェア環境の変化、とりわけソフトウェアの透明性に関するユーザの意識の変化と、ウェブ技術の進歩に伴い、2012年にはオープンソースソフトウェアを利用した電子国土 Web システムの改良を行い、そのソースコードを公開している（佐藤ほか, 2012）。当時のオープンソースによるウェブ地図ライブラリは、地図データを画像で送付する方式のものであった。ウェブにおける地図インフラをベクトル形式で送付する利点を熟知していた国土地理院では、ベクトルタイル提供における技術的・施策的課題を把握するとともに、外部との技術的な議論を通じてベクトルタイルの適切な提供方法を研究開発する目的で、2014年8月1日に「国土地理院ベクトルタイル提供実験」を開始した（国土地理院, 2014）。それ以降、ソフトウェア開発者や地理空間情報のユーザとの対話を確保しながらベクトルタイルの事業化に向けた開発を進めている。ベクトルタイルに対応したオープンソースのウェブ地図ライブラリとして、本稿執筆時点で最も主要なものと考えられる Mapbox GL JS が2014年8月6日に初めて公開されたことを考え合わせると、ウェブ地図において国土地理院は最新の技術を進取し続けてきたと言える。

#### 1.2 デジタル地図技術移転における国土地理院の経験

1996年から2017年にわたって実施された「地球地図プロジェクト」は、184の国や地域の地理空間情報当局の協働により地球規模の地理空間情報を開発するプロジェクトである。その全期間、国土地理院は運営委員会の事務局を務め、プロジェクトの運営に関わった（植田ほか, 2017）。地球地図プロジェクトに類するような国際協働プロジェクトは、ほかに英国陸地測量部が事務局を務めた国際図（International Map of the World）プロジェクトと、現在の米国国家地理空間情報局が進めたデジタル世界図（Digital Chart of the World）プロジェクトしか事例がなく、プロジェクトの事務局を務めた経験は、世界でも三つの地理空間情報当局にしかないと言える。

この貴重な経験を地球規模課題の解決のために活用していくことは、国土地理院が世界に負っている責務であるとも言える。地球地図プロジェクトの原則は、その国際運営委員会の決議に基づいて、各国の地理空間情報当局が自国の地図を開発し、自国の力で公開することであった。この原則を実施するため国土地理院は、JICA 課題別研修やセミナーといった手段を用いてデジタル地図作成の技術協力を開発途上国に対して行なった。

また、地球地図プロジェクトに関する課題別研修に限らず、国土地理院は地理空間情報に関する国際的な技術協力を継続的・積極的に進めてきた。具体的には、1959 年から本稿執筆時点の 2019 年までの 60 年間、国土地理院は一年も欠かすことなく海外からの研修員を受け入れ、100 か国 900 名を超える研修員への技術協力を行ってきた。また、1964 年から本稿執筆時点の 2019 年までの間に、250 名以上の国土地理院職員を専門家として海外に派遣している。

### 1.3 国土地理院職員の国連地理空間情報課への派遣

これらウェブ地図における進取性と技術協力の経験を国連地理空間情報課に取り込むため、2017 年に国連事務局フィールド支援局情報通信技術部（現在は国連事務局情報通信技術局運用支援部）は日本政府との覚書を締結し、筆者を上級地理空間専門官として国連地理空間情報課に受け入れた。

国連事務局では、オープンデータに国連内部用のデータを一部組み合わせた基本図を、国連内部の用途のためにウェブ地図として供給する必要がある。このウェブ地図は、国連地理空間情報課のリーダーシップのもと、国連グローバルサービスセンターで設計と運用が行われていた。また、このウェブ地図システムの費用対効果を高め、システムのコンポーネント間の相互運用性を確保する目的で、オープンソースソフトウェアの活用が進められており、2016 年からは、国連事務局・米国・韓国を共同議長とする「国連オープン GIS イニシアティブ」が運営されていた。

筆者は、国連オープン GIS イニシアティブの第四作業部会（部会長：キジュン・リ釜山大学校教授）のもと、2018 年に国連ベクトルタイルツールキット（以下「UNVT」という。）を立ち上げた。

## 2. UNVT の創始：速度と相互運用性の確保

### 2.1 UNVT の目的と特色

UNVT の目的は、公的機関を含むあらゆる地図提供組織がベクトルタイル技術を活用することを支援し、これによって多様な地図がウェブに供給されることを可能にすることである。地図の利用目的は多様であり、これまででも、ユーザの利用目的に応じた

地図が使用されてきた。情報の配信・活用メディアがウェブに移行しても、ウェブにおける地図が少数のプラットフォームに寡占されることなく、自由に選択可能であることが保たれることが、ユーザのメリットを確保することになる。とりわけ、国連平和維持活動や人権・人道に関する活動、あるいは国際保健に関する活動など、人間の安全保障に関わる活動においては、その目的に応じた地図を必要な範囲に迅速に共有することが必要である。そのような必要に応じることのできるウェブ地図技術を供給することは、国連事務局の業務効率性の向上を通じて、地球規模課題の解決加速に貢献することになる。また、政府機関の立場からソフトウェアまで含むウェブ地図のシステム一式を立ち上げ、24 時間 365 日運用し続けるという特異かつ実績が確立された国土地理院の組織経験を、国土地理院からの派遣者が UNVT を直接開発することを通じて直接国連組織に移転するという、独自性が高く価値の高い協力を実現している。さらに、使用言語や技術的バックグラウンドが多様な国連職員や現地政府職員に対して技術協力可能なソフトウェア支援を行うことから、水平展開のポテンシャルが高いプロジェクトとなっている。

### 2.2 オープンソース方法論の必然性

国連オープン GIS イニシアティブのプロジェクトである UNVT は、一貫してオープンソースの方法論を取り入れている。ウェブ地図技術の進取性と技術協力への展開可能性を考えると、次の観点から、オープンソース方法論の採用は便宜的なものではなく、必然性のあるものであると考えている。

1. それぞれ独立した主体が平等なオーナーシップを持って参加をするためには、活動の対象であるソフトウェア成果は、自由で開かれたものである必要がある。
2. ウェブ地図システムはエンタープライズシステムの中核を成し得るものであり、アクセスログの詐取等の懸念を払拭するためには、システムの設計図を開放し、あらゆる観点からその設計図を検証可能な状態に保つ必要がある。
3. 運用システムだけでなく、技術協力に用いる研修マテリアルも、各機関の庁舎内の計算機環境やネットワーク環境を用いて展開されることが想定される。よって、その全内容を公開し、マテリアルに悪意のあるコードが仕込まれていないことを常に検証可能な状態に保つことで信頼を担保する必要がある。

上記の必要性に基づき、UNVT では検討用やデモ

用の小規模な成果も含めた成果を全て GitHub 上で公開 (United Nations Vector Tile Toolkit, 2019) し、自由に開かれた環境のもとで技術を開発し共有している。

### 2.3 「80 時間世界一周」を実現する速度の確立

UNVT の立ち上げ期である 2018 年から 2019 年前半にかけては、国連グローバルサービスセンターがウェブ地図技術を用いて運用する基本図の要件を満たすことを最優先に開発を進めた。主な要件は、次の 2 点であった。

1. PostGIS データベースに格納された、国連内部用データと OpenStreetMap から構成される地球規模の基本図データを連続自動更新できる生産速度を持つこと。
2. 国連事務局で現在使用している、オープンソースではないシステムでも、今後の採用が期待されるオープンソースのシステムでも、同じベクトルタイルが使用可能であること。

本節では上記のうち 1. の実現方法の概要を、次節では 2. の実現方法の概要を説明する。なお、これら実現方法の技術的詳細は、2019 年 9 月に開催された FOSS4G 2019 Bucharest のアカデミックトラックにおいて発表した (Fujimura et al., 2019)。

ベクトルタイルがユーザーニーズを満たして成功するためには、その利用及び生産の段階において十分な速度、少なくとも画像タイルを超える速度を確立する必要がある。しかし、ベクトルタイルの生産において、従来の技術は大規模なデータの変換に適した設計をしていなかったり、特定のフォーマットのデータの変換に特化したりしていた。

UNVT では、次の観点をもって既存の優れたオープンソースソフトウェアを組み合わせたオープンソースのツールを実装することにより、国連内部用データと OpenStreetMap データを組み合わせた全世界データを 1 台のラップトップ型 PC で 80 時間以内にベクトルタイル変換できる性能を確立した。

1. 既存データからのベクトルタイル生産は、ソースデータの読み込み、対象ズームレベルやレイヤ名等のベクトルタイル特有の属性付加、主題属性の加工、ベクトルタイルへの分割とフォーマット変換、といった多段のステップからなる。これらのステップごとに全データを処理して一時保存することは、ステップ間の待ち時間を生むだけでなく、各ステップで生成される莫大な中間生成物を一時保存するための記憶及び時間リソースを浪費することにつながる。そこで、

プロセスの間を GeoJSON Text Sequences (Gillies, 2017) 形式の地物ストリームで接続する設計に統一し、全プロセスを一気通貫して全データを一つのストリームとして処理を行う。

2. 大規模な基本図データからタイルを効率的に生産するためには、原型データを良好な速度で処理できるようなモジュールに分割するのがよい。各モジュールに含まれるデータが最大で 10GB 程度になることを目標として、ウェブ地図のタイルの矩形を用いて原型データの分割を行った。分割により、モジュールは並列処理できるので、要求性能に合わせてスケールアウトを行うことも可能になる。具体的には、ズームレベル 6 のタイル区画で分割するモジュール (合計 4096 個) を採用した。さらに、原型データの地理的分布を考慮しながら全世界をデータサイズが概ね均等な 12 個の矩形領域に分割し、そこからベクトルタイル生産用のズームレベル 6 のモジュールを切り出すという多段の分割作業を行うことで、原型データベースからモジュールを切り出すために必要な時間及び一時記憶の容量をさらに節約した。
3. 上述の 4096 個のモジュールのうち、海のみをカバーしている 1669 個のモジュールは、現時点でまったく地物を持っていない。この 1669 個のモジュール通常の実作業の対象から外すことにより、生産所要時間をさらに短縮した。

### 2.4 多様なソフトウェアとの相互運用性確立

連続自動更新されたベクトルタイルを用いた基本図サービスを、未だベクトルタイルに対応していないソフトウェアからも使えるようにするために、ベクトルタイルから画像タイルをサーバ側で自動的にレンダリングするモジュールを開発した。このモジュールを用いることにより、現在国連事務局で使用されているエンタープライズシステムから、連続自動更新された基本図ベクトルタイルを利用できるようにした。

## 3. UNVT の現在：デモと技術移転の環境整備

### 3.1 技術移転の重要性と実績

これら立ち上げ期の開発の結果、国連内部向けの基本図を国連内部ネットワークで供給可能な技術を確立することができた。この技術が持続可能な形で維持され更新されるためには、UNVT を支える技術者ネットワークを構築し、様々な文脈で UNVT が利用され改良される状況を作り上げる必要があった。

この必要に応えるため、2018 年の後半に、UNVT デモと技術移転が容易に行えるようにするための環境整備に着手した。

第一回のハンズオン技術移転を国連グローバルサービスセンターで行なったのち、OSGeo 日本支部の支援のもと、2018年12月2日には、スリランカ・モラトゥワ大学において、FOSS4G Asia 2018の一環として、第二回のハンズオン技術移転である「OSGeo.JP Workshop for the UN Vector Tile Toolkit」(Fujimura, 2018)を実施し、15名の技術者の参加を得た。

2019年9月13日には、FOSS4G 2019 Niigataの一環として、第三回のハンズオン技術移転としてハンズオンセッション「国連と始めるベクトルタイル」(柴本, 2019)を実施し、約20名の技術者の参加を得た。このセッションでは、初めてプロジェクト創始者以外を主講師として技術移転を行い、セッションに参加した全員が手元の計算機でベクトルタイルの生産とホスティングに成功した。

2019年10月2日には、独立行政法人国際協力機構(JICA)が実施する2019年度課題別研修「国家測量事業計画・管理」コースでの「地理空間情報のウェブ提供技術」研修として、UNVTのハンズオン研修(Matsuzawa, 2019)を行なった。11か国から参加した13名の研修員全員が、EuroGlobalMapデータからベクトルタイルを生産してホストするプロセスを迫ることができた。

### 3.2 超小型 PC を用いた技術移転への挑戦

技術移転の経験を蓄積する中で、UNVTを動作させる環境の調達や構築・調整にまつわる支障がみられた。これは、UNVTを動作させるための計算機環境が、事務に一般的に用いられる計算機環境と異なる、Linuxベースの計算機環境であることによる。また、ハンズオン研修を行うネットワーク環境の制約により研修の進捗が遅延する支障がみられた。具体的には、教材が共有されているインターネット上のサイトへのアクセスに制約があったり、多数の研修員がそのようなサイトにアクセスするために十分な帯域が確保されなかったりすることによる。

これらの支障を回避するためには、デモや技術移転に用いる計算機環境が自己充足した形で配布可能であり、また、用いる教材のすべてが最初からその計算機環境と一体となって配布されるようにすれば良い。加えて、研修機会をなるべく広く提供するためには、その計算機環境ができるだけ安価に準備・複製できることが望ましい。

これらの条件を満たす計算機環境として、英国の教育慈善基金である Raspberry Pi 財団が設計開発している超小型 PC である Raspberry Pi を選定し、Raspberry Pi 上に導入した Docker 用のコンテナイメージとして、ソフトウェアとデータを一体化した、インターネット接続を研修時に前提としない教材を

開発した。

この教材は、UNVT の GitHub 組織アカウントのもとで公開するとともに、その基本設計を、2019年10月13日に開催された FOSS4G 2019 Kobe.Kansai の発表資料として公開した (Fujimura, 2019a)。

2019年11月3日には、オーストラリア・キャンベラで実施された国連地球規模の地理空間情報管理に関するアジア太平洋地域委員会 (UN-GGIM-AP) 第8回総会のサイドイベントとして開催された、地理空間情報と統計の統合のための第三作業部会ワークショップで、UNVT のライブデモを行なった (Fujimura, 2019a)。

また、2019年11月15日には、ウズベキスタン・タシケントで ESCAP により実施された、中央アジアにおける土地の勘定と統計のための統計と地理空間情報の統合に関する地域インセプションワークショップで、UNVT の土地管理への応用可能性に関するプレゼンテーションを行った (Fujimura, 2019b)。

さらに、2019年12月3日には、国土地理院で例年開催されている JICA 課題別研修「国家測量事業計画・管理」コースで、複数台の Raspberry Pi に搭載された UNVT を用いたベクトルタイルの生産と利用のハンズオン研修 (Fujimura, 2019c) を実施した。

## 4. 国連専門家委員会への UNVT の貢献に向けて

UNVT が地理空間情報分野における政府間コミュニティで価値のある貢献を実現するためには、そのコミュニティで議論されている地球規模課題に対して UNVT がどのように貢献しうるかを説明し、UNVT への理解と信頼を獲得していく必要がある。

具体的には、国連地名標準化専門家グループ (UNGEGN)、国連地球規模の地理空間情報管理に関する専門家委員会 (UN-GGIM) 及びその地域委員会のうち国連地球規模の地理空間情報管理に関するアジア太平洋委員会 (UN-GGIM-AP) での議論において、実際に動作するコードである UNVT が、次のようなグローバル課題の解決に貢献し得ることを説明していくことが、UNVT への理解と信頼を獲得するために有効である。

### 4.1 持続可能な開発目標 (SDGs) への貢献

2015年9月の国連総会(国連サミット)で採択された持続可能な開発のための2030アジェンダの仮訳(外務省, 2015a)によれば、UNVTは持続可能な開発目標(SDGs)のうち、特に9及び17に貢献できるものと考えられる。

まず、目標9「レジリエントなインフラを整備し、包摂的で持続可能な産業化を推進するとともに、イノベーションの拡大を図る」については、次のターゲットについて UNVT が貢献しうるものと考えら

れる。

- 9.a アフリカ諸国, 後発開発途上国, 内陸開発途上国及び小島嶼開発途上国への...技術の支援強化を通じて, 開発途上国における持続可能かつ強靱(レジリエント)なインフラ開発を促進する。
- 9.b 産業の多様化や商品への付加価値創造などに資する政策環境の確保などを通じて, 開発途上国の国内における技術開発, 研究及びイノベーションを支援する。

次に, 目標 17「持続可能な開発に向けて実施手段を強化し, グローバル・パートナーシップを活性化」については, その下位の次のターゲットについて UNVT が貢献しうるものと考えられる。

- 17.6 科学技術イノベーション(STI)及びこれらへのアクセスに関する南北協力, 南南協力及び地域的・国際的な三角協力を向上させる。また, 国連レベルをはじめとする既存のメカニズム間の調整改善や, 全世界的な技術促進メカニズムなどを通じて, 相互に合意した条件において知識共有を進める。
- 17.9 すべての持続可能な開発目標を実施するための国家計画を支援するべく, 南北協力, 南南協力及び三角協力などを通じて, 開発途上国における効果的かつ的をしぼった能力構築の実施に対する国際的な支援を強化する。
- 17.14 持続可能な開発のための政策の一貫性を強化する。
- 17.16 すべての国々, 特に開発途上国での持続可能な開発目標の達成を支援すべく, 知識, 専門的知見, 技術及び資金源を動員, 共有するマルチステークホルダー・パートナーシップによって補完しつつ, 持続可能な開発のためのグローバル・パートナーシップを強化する。
- 17.17 さまざまなパートナーシップの経験や資源戦略を基にした, 効果的な公的, 官民, 市民社会のパートナーシップを奨励・推進する。
- 17.18 2020 年までに, 後発開発途上国及び小島嶼開発途上国を含む開発途上国に対する能力構築支援を強化し, 所得, 性別, 年齢, 人種, 民族, 居住資格, 障害, 地理的位置及びその他各国事情に関連する特性別の質が高く, タイムリーかつ信頼性のある非集計型データの入手可能性を向上させる。

#### 4.2 統計地理空間地球規模枠組(GSGF)への貢献

UN-GGIM の事務局である, 国連事務局経済社会

局統計部が 2019 年に公表した統計地理空間地球規模枠組(GSGF)(Global Geospatial Information Management Secretariat, 2019)の原則4「統計と地理空間の相互運用性」によれば, 相互運用性の恩恵を実現するために重要な意味を持つのは, 規格への明確な合意とその規格の実装への深い関与である。

UNVT は, 自由で開かれたネットワークのもとでの実装への深い関与により, 規格への明確な合意を導くことを目指す形で, この原則4に貢献しうる。

UNVT は, 原則4に掲げられた下位目標のうち, とりわけ次の目標に寄与するものと考えられる。

1. アクセスと使用を大幅に効率化し, 時間を経ても採択と進化が可能な(例えばAPIを通じた)アクセスメカニズムを実装すること。
2. データとツールを再利用できるよう, 取り組みの重複を避けて, 共通の解決策を開発すること。
3. 可能な限りデータとツールが自由で開かれたものであることを確保し, 技術その他の相互運用性の問題によって情報が失われることなく, ユーザがすべての情報にアクセスできるようにすること。

#### 4.3 仙台防災枠組(SF)への貢献

2015年3月の第3回防災世界会議で採択された仙台防災枠組2015-2030の仮訳(外務省, 2015b)によれば, UNVTは仙台防災枠組のグローバルターゲット(g)「2030年までに, ...災害リスク情報...の入手可能性とアクセスを大幅に向上させる」の達成に貢献するものと考えられる。

具体的には, 「優先行動1: 災害リスクの理解」のうち, 次の優先行動に貢献しうるものと考えられる。

- 24. (c) リスクマップを含む位置情報ごとの災害リスク情報を, (作成し, 定期的に更新し, そして) 政策決定者, 一般市民, 災害リスクに直面している地域コミュニティに対し, 利用できる場合には, 地理空間情報技術を使用して, 適切な形式で, 適宜, 普及する。
- 24. (m) 特定の対象者とそのニーズを考慮しつつ, ...コミュニティの動員により, 災害リスク情報及び知識を含む, 災害リスクの削減に関する公教育と国民意識を強化するための国家戦略を促進する。
- 24. (o) 地域密着型の組織や NGO の関与を通じて, 災害リスク情報を広めるために地域レベルで人々の協力関係を強化する。

#### 4.4 災害のための地理空間情報及びサービスの戦略枠組への貢献

UN-GGIM に設置された災害のため地理空間情報

及びサービス作業部会 (WG-Disasters) が 2017 年 8 月に公表し、2018 年 7 月の国連経済社会理事会 (ECOSOC) でエンドース決議が採択された「災害のための地理空間情報及びサービスの戦略枠組」 (Working Group on Geospatial Information and Services for Disasters, 2017) によれば、UNVT はこの戦略枠組における次の事項の実装に貢献できると考えられる。

パラグラフ 20 ; 現代的で、費用対効果が良く、オープンソースの技術を、データ及び情報の管理を改善することに用いることができる。

パラグラフ 24f ; 新たな地理空間情報管理技術の応用を追求する。

パラグラフ 25 ;

- a. 加盟国やその他のステークホルダーがそれぞれの共通インフラやサービスを確立することを支援すること。

- b. システムやプロセスの相互運用を促進し、加盟国にとってのベストプラクティスを共有すること。

## 5. おわりに

UNVT は、国土地理院におけるウェブ地図技術及び技術移転に係る長年の実績を最大限に活用し、実行できるコード (Running Code) によって、様々なステークホルダーを包摂しながら地球規模課題解決への技術的・建設的・具体的な貢献に挑むユニークなプロジェクトである。

国内及び国外の多様な取り組み、とりわけウェブ地図の事業の間の連携を広げることにより、持続可能な形で国連や国連加盟国の地図提供組織、さらにはあらゆる地図提供組織の間で、ウェブ地図技術が共用されることを推進していきたい。

(公開日 : 令和元年 12 月 27 日)

## 参 考 文 献

- 外務省 (2015a) : 我々の世界を変革する : 持続可能な開発のための 2030 アジェンダ (仮訳), <https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/pdf/000101402.pdf> (accessed 10 Oct. 2019).
- 外務省 (2015b) : 仙台防災枠組 2015-2030 (仮訳), <https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000081166.pdf> (accessed 10 Oct. 2019).
- Global Geospatial Information Management Secretariat (2019): The Global Statistical Geospatial Framework, [http://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/9th-Session/documents/The\\_GSGF.pdf](http://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/9th-Session/documents/The_GSGF.pdf) (accessed 10 Oct. 2019).
- Hidenori Fujimura (2018): OSGeo.JP Workshop for the UN Vector Tile Toolkit – Let’s make sustainable web maps, <https://speakerdeck.com/hfu/the-osgeojp-workshop-for-the-un-vector-tile-toolkit> (accessed 10 Oct. 2019).
- Hidenori Fujimura, Oliva Martin Sanchez, Diego Gonzalez Ferreiro, Yoichi Kayama, Hirofumi Hayashi, Nobusuke Iwasaki, Francis Mugambi, Timur Obukhov, Yusuke Motojima, and Takenori Sato (2019) :Design and Development of the UN Vector Tile Toolkit, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII-4/W14, 57–62.
- Hidenori Fujimura (2019a) :Invitation to the United Nations Vector Tile Toolkit, <https://speakerdeck.com/hfu/invitation-to-the-united-nations-vector-tile-toolkit> (accessed 10 Oct. 2019).
- Hidenori Fujimura (2019b): Application of the UN Vector Tile Toolkit (UNVT) for land information management, <https://speakerdeck.com/hfu/application-of-the-un-vector-tile-toolkit-unvt-for-land-information-management> (accessed 10 Dec. 2019).
- Hidenori Fujimura (2019c): Packaged Exercise of the UN Vector Tile Toolkit for the GGIM, <https://speakerdeck.com/hfu/packaged-exercise-of-the-un-vector-tile-toolkit-for-the-ggim> (accessed 10 Dec. 2019).
- 国土地理院 (2014) : 国土地理院ベクトルタイル提供実験, <https://github.com/gsi-cyberjapan/vector-tile-experiment> (accessed 10 Oct. 2019)
- 大野裕幸, 明野和彦, 久松文男, 石関隆幸 (2004) : 電子国土 Web システム, 国土地理院時報, 104, 25-32.
- 佐藤壮紀, 飯田剛輔, 神田洋史, 湯本景一, 橘悠希子, 星野秀和, 佐藤浩 (2012) : 電子国土 Web システムのオープンソースソフトウェアを利用した改良及びソースコードの公開, 平成 23 年度調査研究年報, 39-42.
- 植田摩耶, 安喰靖, 笹川啓, 宗包晃子, 永山透 (2017) : 地球地図プロジェクトの振り返りと完了-1992 年から 2017 年まで-, 国土地理院時報, 129, 23-32.
- United Nations Vector Tile Toolkit (2019) :The United Nations Vector Tile Toolkit, <https://github.com/un-vector-tile-toolkit> (accessed 10 Oct. 2019).

Working Group on Geospatial Information and Services for Disasters (2017) : Strategic Framework on Geospatial Information and Services for Disasters,  
[http://ggim.un.org/documents/UN-GGIM\\_Strategic\\_Framework\\_Disasters\\_final.pdf](http://ggim.un.org/documents/UN-GGIM_Strategic_Framework_Disasters_final.pdf) (accessed 10 Oct. 2019) .