

PDF 敷設工事図面を用いた地理空間データの開発と解析 —中山間地域の光ファイバー網の敷設事業を事例に

蒋 湧（愛知大学地域政策学部学部）

要旨

本稿は、自治体が所持している情報通信網配線の PDF 敷設工事図面から、①配線の立地に関する地理空間情報、②配線の接続に関するトポロジー情報を抽出し、配線のコスト構造を空間的に解析できる GIS データ構造とデータ作成方法を提示し、それを用いた空間解析の結果を述べる。

近年、水道や情報通信網などを含む地域インフラの老朽化や、人口減少・少子高齢化時代における自治体インフラの維持管理への関心が高まっている。地域インフラ整備・保守計画における根拠に基づいた政策立案（Evidence Based Policy Making, EBPM）が求められるなか、それに向けた科学的な手法に注目が集められている。本稿は、愛知県設楽郡東栄町の光ファイバー網の整備事業を事例として取り上げて、敷設配線とその接続先の人口分布の関連を焦点に、情報通信システムの維持管理コスト構造における空間解析の手法を提案し、地域政策の立案に寄与することを目指す。

キーワード：① PDF・DXF・Shape file のデータ形式、② QGIS のジオレファレンス、③ GIS トポロジーのデータ構造、④公設公営の中山間地域情報通信基盤システム

1. はじめに

近年、自治体の水道配管や情報通信網などを含めた地域インフラの整備と保守計画において、GIS の活用が注目されている。その理由として、自治体インフラの老朽化や、人口減少・少子高齢化社会に伴うインフラ整備と維持における財政的な限界が挙げられる。この課題解決に向けて、自治体のインフラ整備計画における根拠に基づいた政策立案（EBPM）に関する科学的な手法が求められてい

る。

配線の敷設工事図面を用いた空間データの整備には2つの課題がある。一つは、PDF 工事図面から地理空間情報を抽出し、PDF ファイルをシェープファイルへ変換する課題である。もう一つは、インフラ配線間の接続情報、さらに配線の末端にある地域住民とのつながり情報を取り入れることである。そうすると、配線の地理空間情報に、配線間の接続情報を加えると、配線の物理的な属性と接続先の社会的な要因（人口、世帯など）を関

連付けることで、インフラ整備におけるコストの解析は可能になる。

本稿では、愛知県設楽郡東栄町の光ファイバー網の配線敷設工事を事例に、配線空間データの整備とコスト分析の手法を解説する。

愛知県北設楽郡の3町村（設楽町、東栄町、豊根村）が「公設公営」の方式で営む「北設情報ネットワーク事業」の敷設工事は2008年にスタートし、2年の工事期間を経て、2010年から運用を始めた。その背景には、政府が2000年に進めた「IT基本法」（高度情報通信ネットワーク社会形成基本法）にある。全国範囲で進められた地上デジタル波は、県境に隣接中山間地域の奥三河エリアには届いておらず、代わりに光ファイバー情報通信システムを導入した。また、人口の少ない集落が中山間地域の広域に分散していることから、光ファイバー敷設事業における民間企業の参入は極めて困難であり、結果的に「公設公営」の方式が採用された。

この光ファイバー通信システムの規模は、2008年建設当時の人口規模に基づき設計された。本稿は、2015年の調査データに基づいた分析結果であり、つまり、開業から約8年を経て、人口減少と少子高齢の進展が情報システムに与える影響を定量的に分析したい。本研究の主な結論は既に文献「1」に掲載されていたが、本稿はQGISを用いたデータ開発手法を中心に解説を行う。

2. 敷設工事図面の概要

東栄町全域の光ファイバー網の敷設工事には、計295枚の工事図面（A3サイズ）がある。各々の工事図面は、ゼンリン住宅地図のメッシュ区画単位に基づき、その範囲が決められている。図1は、その295枚工事図面の中の1枚、TE33-1番の工事図面を示す。

また、図2の索引図は東栄町の全域において、ゼンリン住宅地図のメッシュ区画に工事図の図番が表示されている。従っ

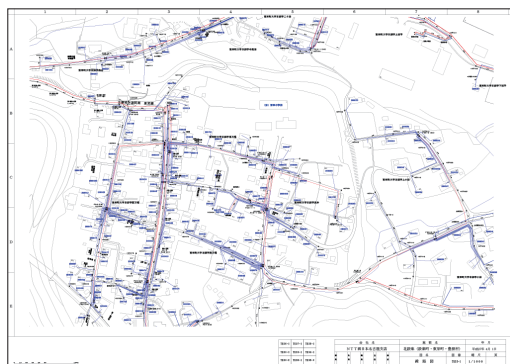


図1 TE33-1 番配線の敷設工事図

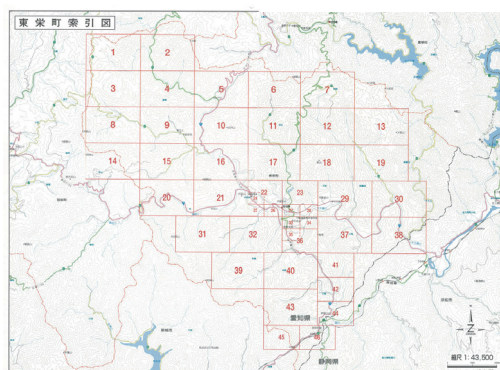


図2 全域のメッシュ区画と工程図番号の一覧

て、図2の索引図を利用すれば、各々の工事図面における地理空間上の立地が判明できる。

3. 地理空間データの作成

図3には、配線の敷設工事図から地理空間データを作成する手順を示す。

敷設工事図の施工範囲は、ゼンリン住宅地図をベースにしている。まず、手順①は、ゼンリン住宅のベースマップを作成する(図4)。次の手順②は、QGISのジオレファレンスを用いて、図2の全域索引図の画像ファイルをゼンリン住宅ベースマップと重ね合わせる。その重ねることによって、ゼンリン地図のメッ

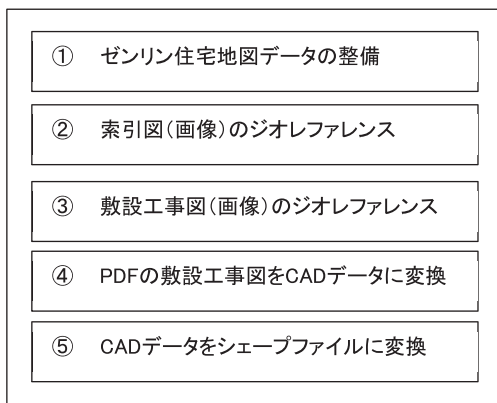


図3 配線シェープファイルの作成手順

シュ区画と敷設工事図の図番との関連付けから、敷設工事図の地理空間情報の取得は可能になる(図6)。手順③は、TE33-1番の工事図を事例に、工事図面の画像ファイル(図1)とジオレファレ

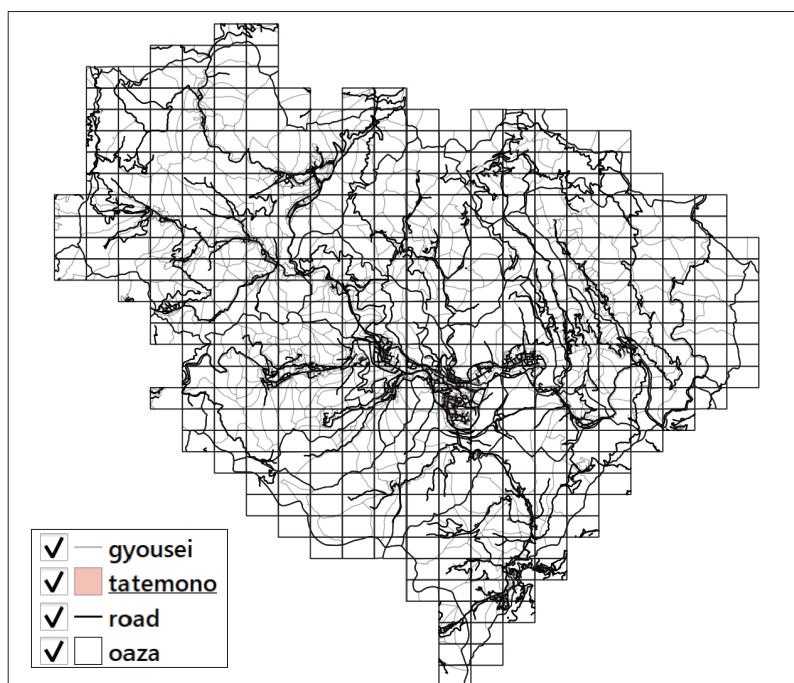


図4 ゼンリン住宅地図のデータセット

ンスを用いて、33 番のメッシュ区画と重ね合わせることで、メッシュ区画から TE33-1 の工事図面角の座標値を取得できる（図 7）。最後の手順④と手順⑤は、それぞれ PDF から CAD へ、CAD からシェープファイルへ、データ変更を行う。その際、手順③で取得した工事図面の角の座標情報が使われる。次は、上述の手順に沿って、解説を行う。

【手順 1：ゼンリン住宅地図ベースマップの作成】

ゼンリン社が提供する 2015 年の東栄町住宅データから、大字 (oaza)、道路 (road)、建物 (tatemono) と行政 (gyousei)、計 4 つのレイヤを図 4 に示したレイヤの順に、ベースマップを作成する。ここに、愛知県のゼンリン住宅データは、日本測地系の平面直角座標系の 7 系 (EPSG 30167) を使用することに注意してほしい。

【手順 2：全域配線の索引図のジオレファレンス】

PDF 形式の全域配線の索引図を入手したのであるが、QGIS ジオレファレンスを行うために、PDF ファイルを TIFF (Tag Image File Format) 形式の画像ファイルに変換する必要がある。筆者は、Adobe Acrobat DC を使って、TIFF 形式の画像ファイルを取得した。

QGIS の「ジオレファレンサ」を使っ

て、対象の TIFF 画像ファイルを選び、地理座標系は日本測地系の EPSG：30167 に設定する。次は、画像ファイルとベースマップの間に複数のグラウンドコントロールポイント (Ground Control Points, GCP) と呼ばれる照準点を入れる。ベースマップの東西南北に、4 つの方向において照準点を入れ（図 5）、最後に「ジオレファレンスを開始」をクリックし、図 6 の結果が得られる。

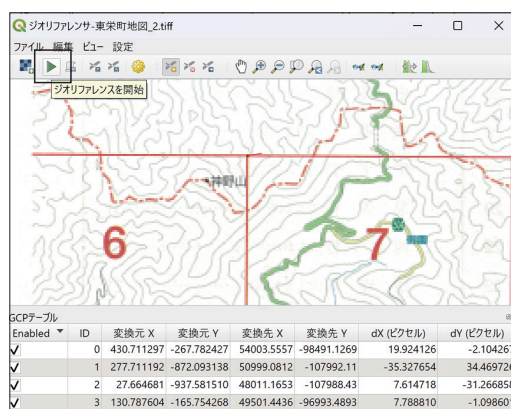


図 5 QGIS ジオレファレンスの操作

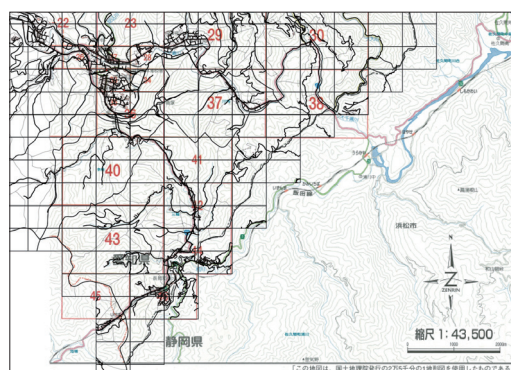


図 6 全域索引図のジオレファレンス

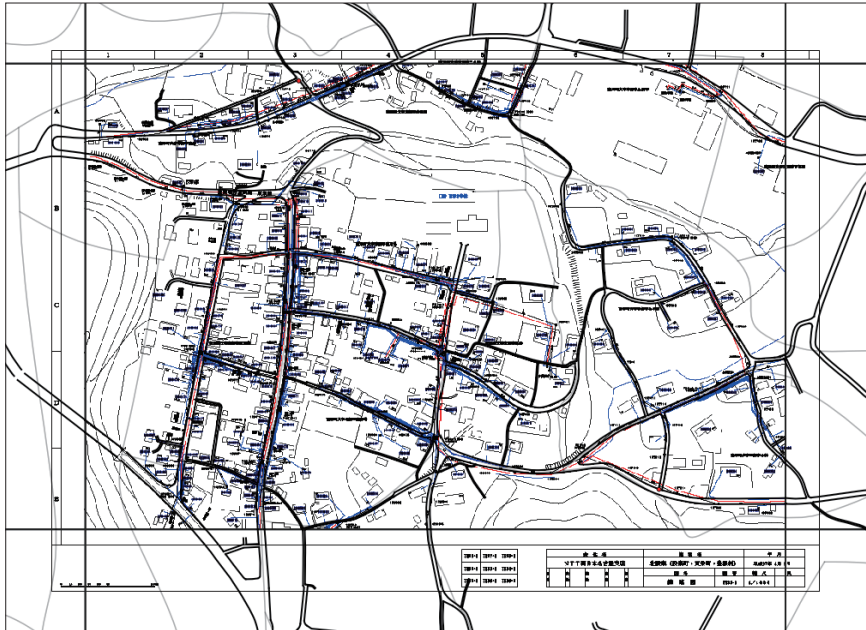


図7 TE33-1 工程図のジオレファレンス

【手順3：区画単位の敷設工事図のジオレファレンス】

前述のジオレファレンス手法を用いて、ベースマップ33番のメッシュ区画に、工事図面TE33-1番のジオレファレンスを行う（図7）。そうすると、工事図面TE33-1の両角（左下と右下）の地理座標を取得することができる。

【手順4：PDFをCADデータへ変換】

次は、入手したPDFの工事図面をAutodesk社が提唱したDXF（Drawing Exchange Format）形式のCADデータへ変更する。データの変換は、Visual Integrity社（<https://visual-integrity.com/>）が提供したPdf2cadというソフトウェア（有料）を使用する（図8）。

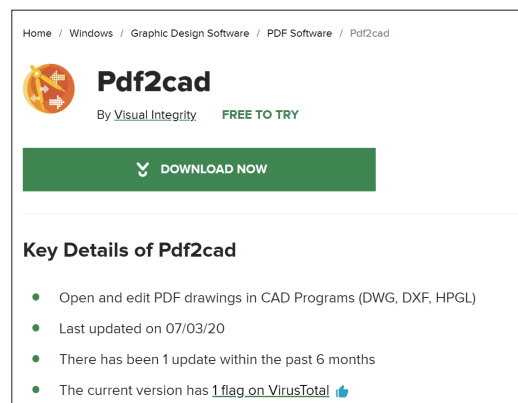


図8 Pdf2cadの導入

データ変換の手順として、まず [Add] のボタンをクリックし、対象のPDFファイルを選択する。次に [Options] ボタンを押し、図9の画面が開かれる。下部の [CAD Format] に「DXF（Drawing Exchange Format）」のオプションにチェックを入れ

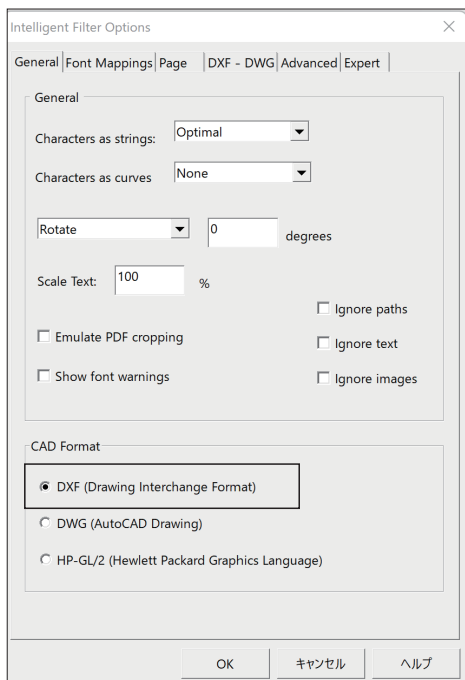


図9 PDFをDXFのCADフォーマットに変換

る。その後、指示に従い前に進めれば、TE33-1.pdfと同じ保存場所に、TE33-1.dxfが生成される。

【手順5:DXFをシェープファイルへ変換】

最後に、QGISのプラグインを用いて、

DXFデータをシェープファイルに変換し、図4のベースマップのレイヤに入れる。

まず、URLの<https://plugins.qgis.org/plugins/AnotherDXF2Shape/>にアクセスし、プラグイン AnotherDXFImporter をダウンロードする(図10)。

QGISのメニューから、[プラグイン(P)]>[プラグインの管理とインストール]の順にクリックし、図11の画面が開き、[ZIPからインストール]とダウンロードしたプラグインZIPファイルを選択し、[インストール]ボタンを押す。

次は、図12に示した方法で、手順

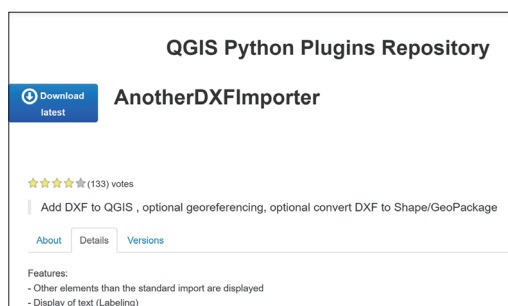


図10 QGISのプラグイン AnotherDXFImporter



図11 AnotherDXFImporter をインストール



図 12 TE33-1 配線図面の角（左下）座標の取得

③のジオレファレンス結果を用いて、TE33-1 番工事図面の角座標を取得する。選択ツール「シングルクリックによる地物選択」をクリックする（図 12）。

マウスポイント「+」が画像ファイルの左下角に合わせ、マウス右ボタンを押す。開かれたメニューから「座標をコピー」>「Map CRS-EPG 30167（座標値）」をクリックすると、座標値がコピーされる（図 13）。その座標値をメモ帳に貼り付け、最終的には、図 14 のように TE33-1.dxf のジオレファレンスファイルを作成し、名前 TE33-1.WLD で保存する。

DXF データのジオレファレンスファイルは、以下の形式で地理座標を記述する。



図 14 ジオレファレンスファイル TE33-1.WLD

画像ファイルの座標 x, y （半角スペース）
対応するベースマップ上の地理座標 x, y

TE33-1.WLD ファイルの第 1 行は、画像ファイルの左下角のジオレファレンスである。最初の (0, 0) は画像ファイルの座標原点である。次の座標 (48713.969, -103565.980) は図 13 で取得した画像原点に対応するベースマップの地理座標である。同様に、画像ファイルの右下角の座標を取得する。そのとき、A3 サイズの画像図面の座標は (420, 0) であり、それに対応するベースマップの座標は (49536.210, -103565.952) である（図 14）。完成した TE33-1.WLD ファイルを、TE33-1.dxf ファイルと同じ場所に置く。

次は、[ベクタ] > [DXF Import /

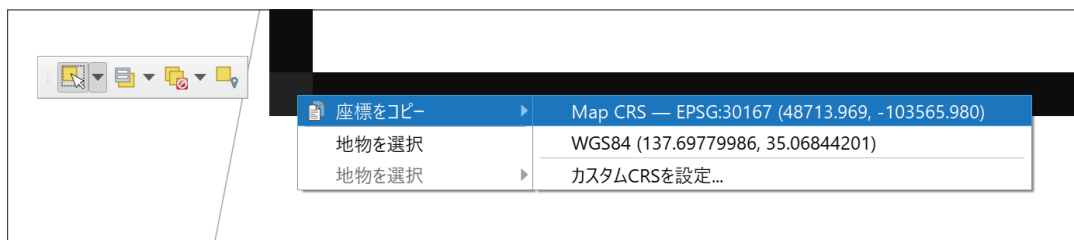


図 13 TE33-1 配線図面の角（左下）座標の取得

Convert] > [Import or Convert] の順で Another DXF Importer を開く (図 15)。

次は図 16 に示したように設定を行う。

[Input DXF-File] > [Browse] をクリックし、TE33-1.dxf ファイルを選ぶ

[Save as shape-files] > チェック入れ

[Use coordinate transformation] > チェックを入れると、図 17 の画面が現

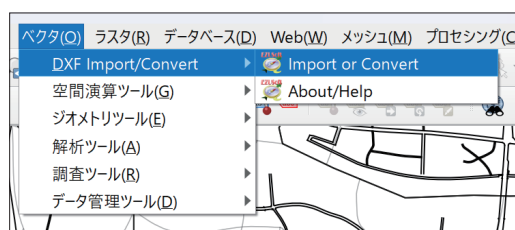


図 15 プラグイン AnotherDXFImporter を起動

れ、TE33-1.WLD ファイルのジオレファレンスの内容を確認できる。

[use geometry collection] > チェックを入れる

[group layer] > チェックを入れる

[hide and use] > 1.3

[Charset] > Shift_jis

[label (Point)] > チェックを入れる

[line] > チェックを入れる

最後に [Import] ボタンを押す。

図 18 は、シェープファイルに変換した TE33-1 敷設工事図である。データは、ポイント、ラインとポリゴン、3つのレイヤに分けて、レイヤグループとしてまとめていることが確認できる。その次は、研究のニーズに合わせて、データの

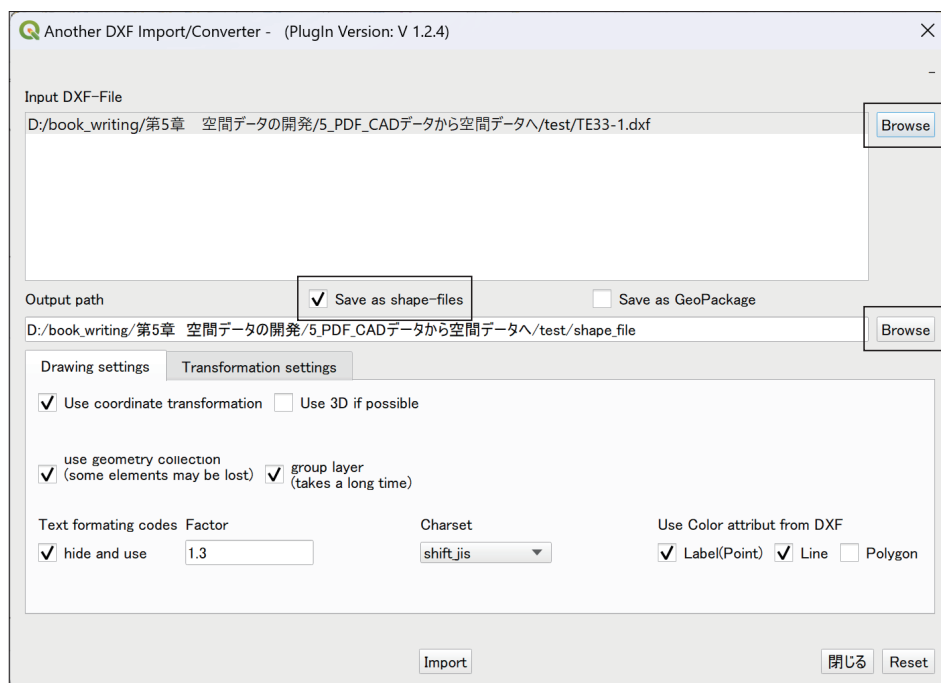


図 16 DXF からシェープファイルへの変換

Output path		<input checked="" type="checkbox"/> Save as shape-files		<input type="checkbox"/> Save as GeoPackage	
D:/book_writing/第5章 空間データの開発/5_PDF_CADデータから空間データへ/test/shape_file					
Drawing settings		Transformation settings			
Type of input		ungeoref X	ungeoref Y	georef X	georef Y
<input type="radio"/> Parameterset		1 0.0	0.0	48713.969	-103565.98
<input checked="" type="radio"/> Worldfile(*.wld)		2 420.0	0.0	49536.21	-103565.952
<input type="radio"/> Indentical Points					

図 17 DXF からシェープファイルへの変換

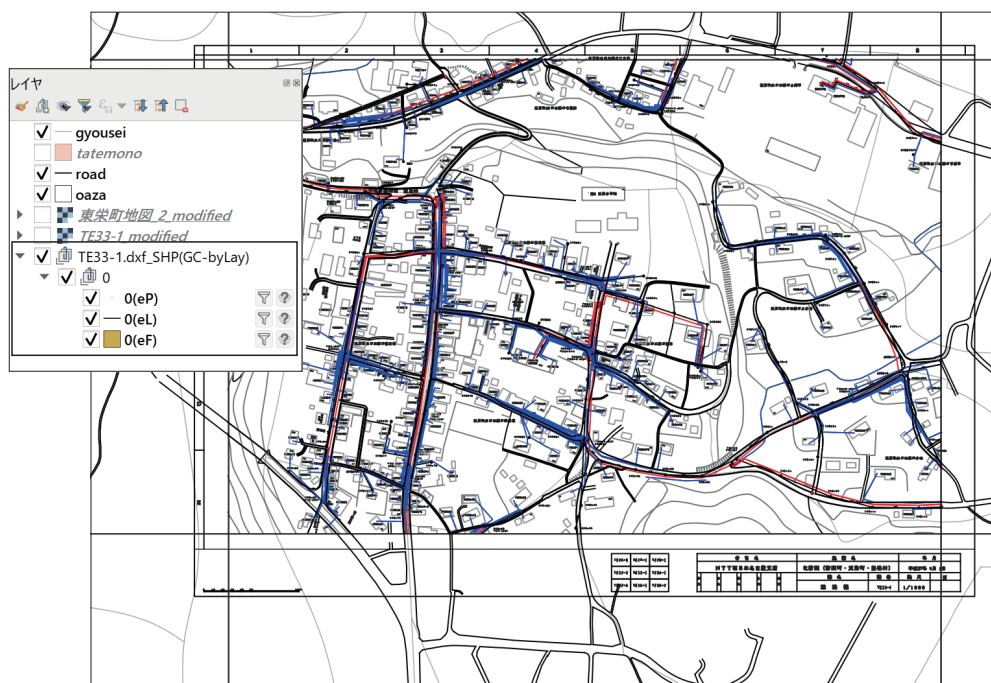


図 18 TE33-1 配線工程図のシェープファイル

取捨選択を行う。また、メッシュ区画で分断されたデータの統合と整理を含めた作業も必要になる。

4. 光ファイバー網における地理空間ネットワークデータの構築

ここまで、PDF 敷設工事図から地理

空間情報を抽出し、PDF ファイルをシェープファイルに変換した。次は、空間データ構造の設計を通して、配線間の接続と住民とのつながり情報を取り入れる。図 19 は、光ファイバーネットワークと地域住民を含めた構造図を示す。

情報通信基盤システムは、中継基地局 (station), ルーター (router), 幹線 (trunk)

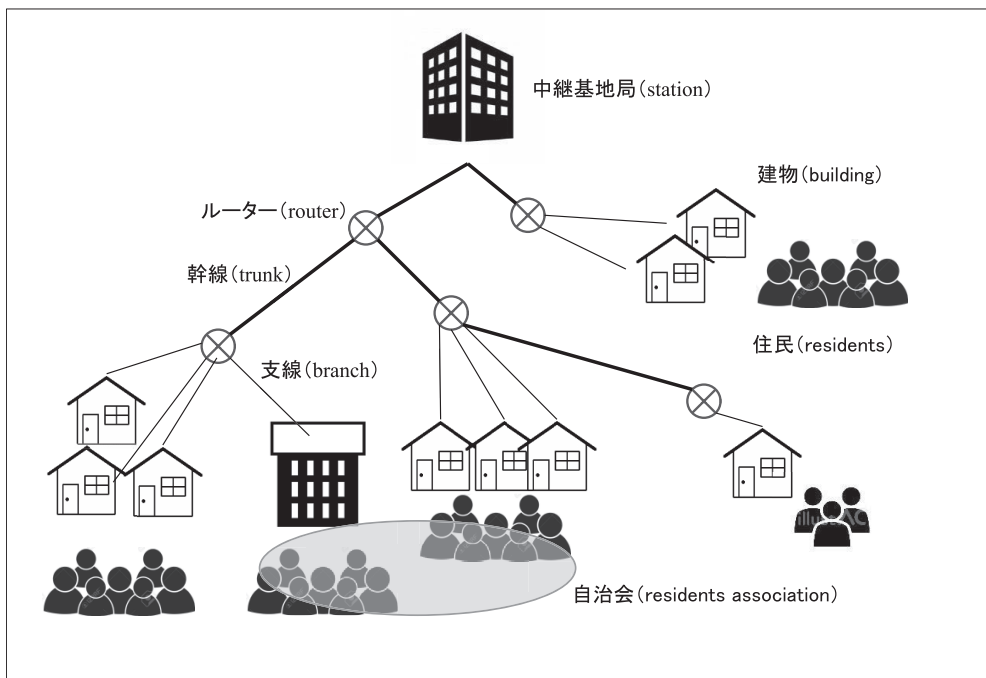


図19 光ファイバー情報通信ネットワーク構造

と支線 (branch) によって構成される。中継基地局とルーター間の配線、またはルーター間の配線は幹線と呼び、ルーターと建物間の配線は支線と呼ぶ。住民は住宅建物に住み、そこに情報通信ネットワークから支線が接続される。従って、中継基地局から情報ネットワーク末端の住宅まで、配線は「ツリー (tree)」型のネットワーク構造をもち、それを踏まえたデータ構造を設けた (図20)。

まず、住民テーブル stb_residents の属性を確認してみる。ここに先頭文字 stb とは、spatial table、つまり、空間情報をもつテーブルを指す。住民の属性として、住民 ID (resident_id)、世帯 ID (setai_id) と続柄 (relationship) などがあり、

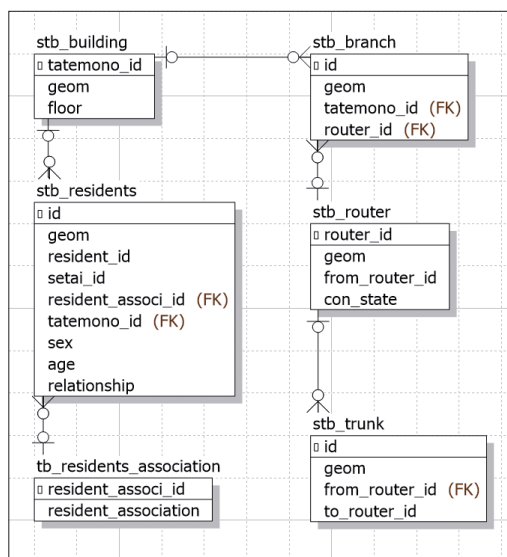


図20 情報通信ネットワークのデータ構造

家族構成を判断できる。また、自治会 ID の外部キー (resident_associ_id) を通

して、テーブル tb_resident_association への参照ができる。この先頭文字 tb は、非空間情報のテーブルを指す。最後に、setai_id と建物 ID (tatemono_id) の対応で、居住者の地理空間情報は、stb_building の建物テーブルから特定できる。

次は、支線テーブル (stb_branch), ルーターテーブル (stb_router) と幹線テーブル (stb_traunk) の順に関連付けをしており、接続の情報が反映されている。特に、ツリー型のネットワーク構造の特性を生かし、常に唯一の上位ルーターを参照するように回線をつながっていく。

図 20 のデータ構造を PostgreSQL のデータベースに実装し、QGIS でマッピングした結果を図 21 に示す。

表 1 と表 2 には、それぞれ人口を含む

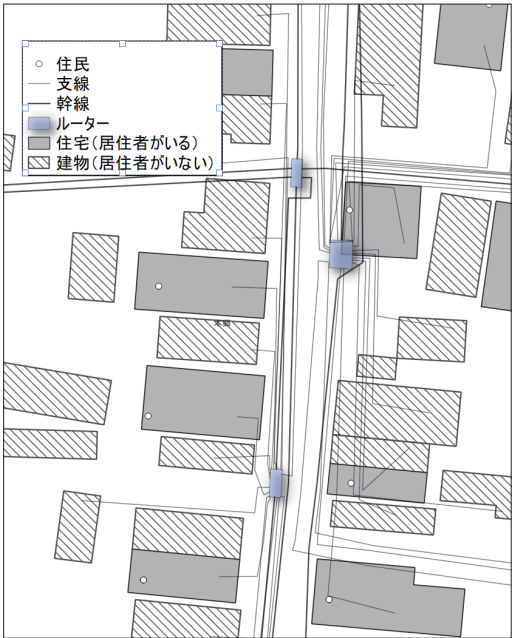


図 21 データ構造の実装結果

表 1 基礎データ

人口	3678 (2015 年)
世帯	1626 (2015 年)
建物	4480 (2015 年)
中継基地局	1 基
ルーター	512 基
幹線	517 本, 121km
支線	1903 本, 133km

表 2 接続状況の集計

接続世帯数	1519 (93%)
接続人口数	3414 (93%)
接続建物数	1903 棟
内訳	0 世帯：853 棟 (45%)
	1 世帯：880 棟 (46%)
	2 世帯以上:170 棟(9%)

光ファイバー網の基礎データと接続状況の集計を示す。まず、1626 世帯をつなぐ配線の長さは 250km を超え、ネットワーク配線が広範囲に敷設されていることが窺える。次に、中山間地域の人口減少により、いわゆる「空き家」への接続数は全域の接続数の 45% に占めた。図 22 には、幹線の長さ（横軸）と接続先の世帯数（縦軸）の関係を示し、中継基地局から遠く離れる約 10% の世帯を接続するために、幹線長さの約 80% が費やされたことが判明された。

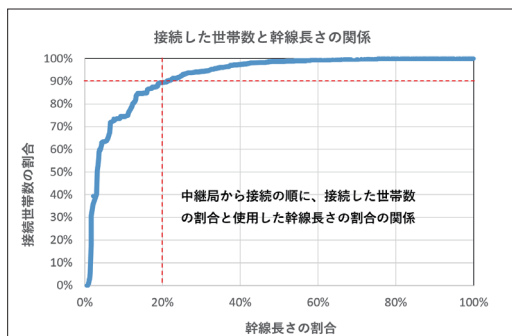


図 22 幹線の長さとは接続世帯数の関係

5. 光ファイバー網の配線におけるコスト構造と解析

図 23 には、配線コスト構造の考え方を示す。配線コストの基本構造は、配線の長さとは配線を共有する世帯数のみを用いて定義する。

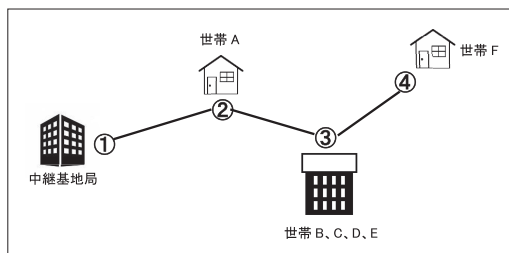


図 23 配線コスト構造の説明

まず、配線③-④は世帯 F だけが使用するので、そのコストは「配線③-④の長さ／1 世帯（世帯 F）」になる。同じ考え方で、配線②-③のコストは、「配線②-③の長さ／5 世帯（世帯 B, C, D, E, F）」になる。最後の配線①-②のコストは、「配線①-②の長さ／6 世帯（世帯 A, B, C, D, E, F）」である。よって、配

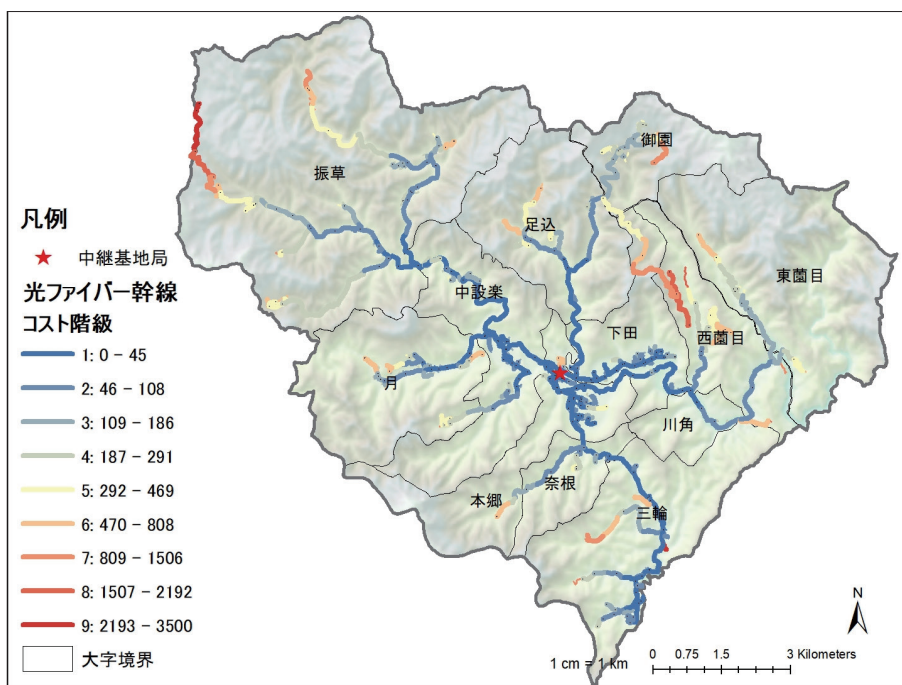


図 24 全域における敷設配線（幹線）コストの分布

線のコストは以下ように定式化できる。

$$Cost = \sum_n \frac{n \text{ 番配線の長さ}}{n \text{ 番配線を共有する世帯数}}$$

ここに、n は中継基地局から n 番目の接続配線を指す。

図 24 には、算出した配線コストの高低を、青色から赤色まで、9 段階のグラデーションで表現した。配線コストは、中継基地局から配線末端へ向け、配線長さの増加と共有世帯数の減少に連れ、増えていくことが確認できる。

図 25 は、接続世帯数（横軸）と配線コスト（縦軸）の関係を示す。まず、中継基地局から配線の末端まで、接続コストの昇順で世帯を並べ替える。次に、世帯数と配線コスト、それぞれの累積割合

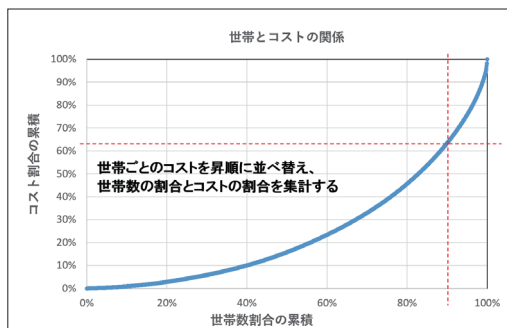


図 25 配線（幹線＋支線）コストと接続世帯数の関係

を計算し、その関連を図 25 のようにプロットした。それによると、中継基地局から最も離れている約 10% の世帯の接続コストは、全域の配線コストの 35% を超えた。

図 26 は配線コスト（横軸）と年齢別

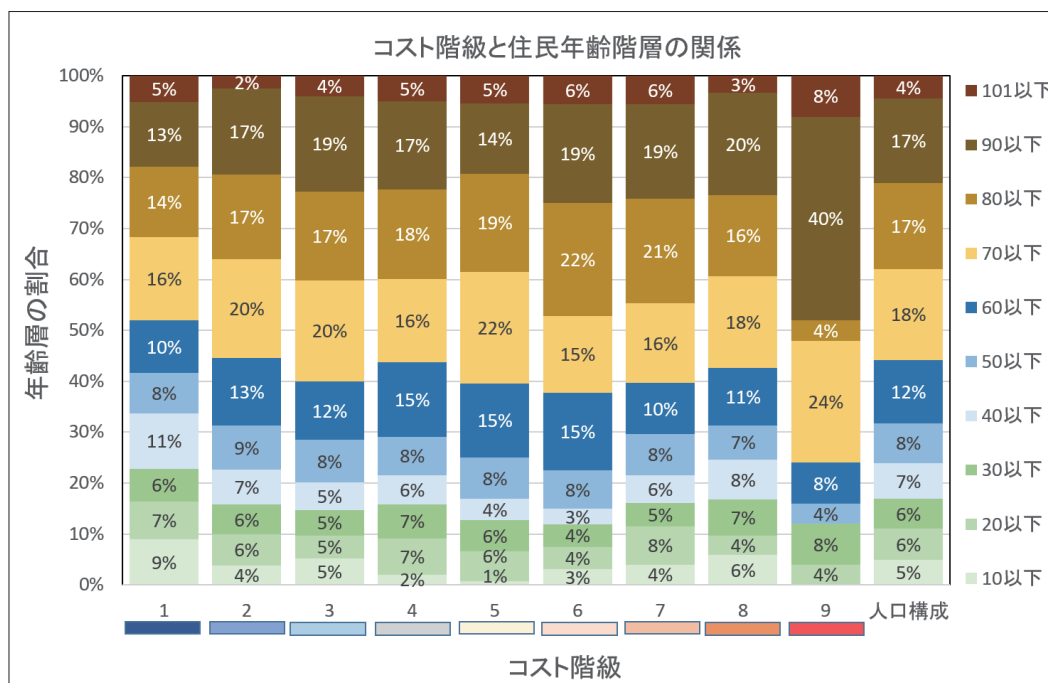


図 26 配線（幹線＋支線）コストと年齢別人口分布の関係

の人口分布（縦軸）の関係を示す。図 26 の右側は、2015 年度東栄町の 10 歳階級年齢別の人口分布を示す。それに対し、図の左側には、9 段階のコストレベルごとのエリアにおいて、それぞれの年齢別人口の分布を示す。最も左側の低コストエリアは、中継基地局を含む町の中心部であり、町の唯一の小学校をはじめ、周辺には多くの商業施設が立地していることで、比較的に若い年齢層の人口が集中している。横軸に右方向へ推移すると、中継基地局からの距離、並びに接続コストの増加に伴い、接続先の年齢層が高くなる。コストレベル 9 のエリアには、60 歳以上の人口の割合は 76% を超えた。

6. まとめと今後の課題

本論文では光ファイバー網の PDF 敷設工事図面から地理空間情報と配線接続の情報を抽出し、PDF ファイルをシェープファイルへの変換方法を述べた。従来、紙ベースのマップ情報をデジタル化するには、QGIS のジオレファレンスとデジタイジングの手法を用いて、ユーザーが手動で地物の形状を沿って点や線を引くことが必要になる。こうした作業効率の低い手法に比べ、本稿で紹介した方法は、地物データが自動的に変換されることで、作業効率が大幅に改善されることになる。一方、変換された空間データに

は、分析に利用できる属性は含まれていない。そのため、データの取捨選択作業は、ほぼ人力で行われ、その改善が今後の課題にしたい。

また、情報通信ネットワークのデータには、地理空間情報と配線接続情報、両方の情報をもつことで、空間トポロジーデータになる。本稿は、よく利用される道路ネットワークの空間トポロジー構造を参考し、ルーターを経由したトポロジーデータ構造を簡潔にまとめることができた。それによって、光ファイバー網の配線敷設と東栄町人口分布の特徴を踏まえた配線コストの構造が、空間的、かつ定量的に分析することができた。

参考文献

- 1) 蔣湧, “中山間地域の情報通信ネットワーク事業の考察”, 愛知大学中部産業研究所, 「地域・産業・大学研究報告」2017 年報, 75-89 頁 (2018)

付録

次の付録表は本稿に利用するデータとソフトウェアの一覧を示す。

付録表：使用するデータとソフトウェア

No	データ名称	用途	出典
1	光ファイバー網敷設工事の PDF 図面	配線システムのデータ	町役場・NTT
2	住宅地図 2015	住宅ベースマップの作成と住宅ベース人口の計算	ゼンリン株式会社
3	人口データ 2015	世帯構成の人口データ	町役場
4	その他のマップ背景データ	行政区界などの基礎データ	国土地理院
No	ソフト名称	用途	出典
1	pdf2cad	PDF ファイルから DXF ファイルへの変換	VisualIntegrity (有料)
2	Dxf2Shp	DXF ファイルからシェープファイルへの変換	QGIS の Plugin (無料)
3	QGIS 3.24	GIS ソフト	qgis.org (無料)
4	PostgreSQL 14	データベース	postgresql.org (無料)
5	PostGIS 3.2	PostgreSQL の空間拡張モジュール	postgresql.org (無料)