

画像データを用いた時間地図作成時の文字表記の配置法

A Method for Placing Character Notations in Time-Space Maps Construction Using Image Data

○木嶋遥人*, 田島克文*, 松尾健史*

○Haruto Kijima*, Katsubumi Tajima*, Kenshi Matsuo*

*秋田大学

*Akita University

キーワード : カルトグラム (Cartogram), 時間地図 (Time-space maps),

光学文字認識 (Optical Character Reader), 画素補間 (Interpolation)

連絡先 : 〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1 秋田大学大学院理工学研究科

田島克文, Tel.: (018)889-2333, Fax.: (018)837-0406, E-mail : tajima@gipc.akita-u.ac.jp

1. はじめに

地域ごとの統計的な情報を直感的に理解するためにカルトグラムという図形が用いられる場合がある¹⁾. カルトグラムは地図中における距離や面積といった地理的特徴を地域ごとの人口や収入, 地点間の移動距離や移動にかかる費用といった統計的情報に置換して視覚化する. カルトグラムは面積カルトグラムと距離カルトグラムの2種類に分類され, 特に地点間の地理的な距離を移動時間に置換した距離カルトグラムを時間地図と呼ぶ. 時間地図と変形前の地図を比較することで交通サービスの格差が視覚的に表現できる²⁾. また, 時間地図を時系列ごと

に比較することにより交通サービスの時代変遷を視覚的に表現できる.

地図は国土地理院³⁾がインターネット上で公表しているような画像データである場合がある. しかし, これまでは時間地図作成問題に関して, 点と直線から構築される時間地図における同形性や微分可能性等が議論されているが, 画像データの地図を用いて作成される場合について十分な議論がされていない. 画像データを用いる場合は画像の幾何変形によって内挿点が発生する問題や, 地図中の文字表記が不必要に変形することによって地図の読み取りが困難となる場合がある. 内挿点に関しては従来, 画像

解析の分野で用いられている画素補間法⁴⁾を適用することで解決可能である。しかし、文字の変形は時間地図作成時における特有の問題であり、対策手法が検討されていない。そこで、本研究では変形前の地図の文字の形状を維持したまま時間地図上に配置する手法を開発することを目的とする。

2. 時間地図

まず、解析の準備として時間地図を作成する。時間地図の作成は2つの段階で構成されており、第1段階ではあらかじめ移動時間が決まっている駅やバス停等を変形の基準となる制御点として定める⁴⁾。

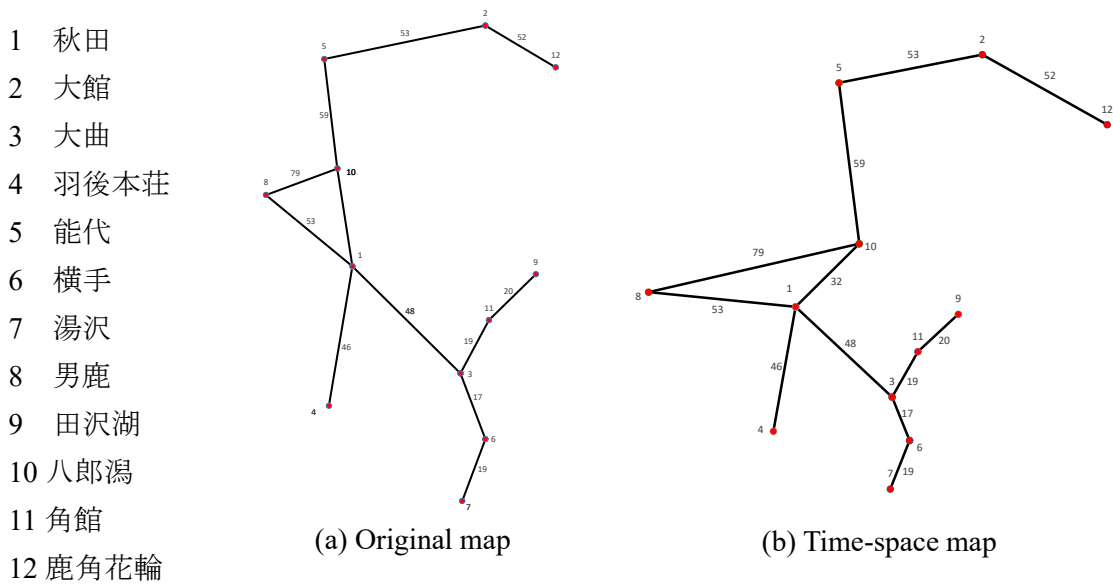


Fig. 1 Placement of control points.

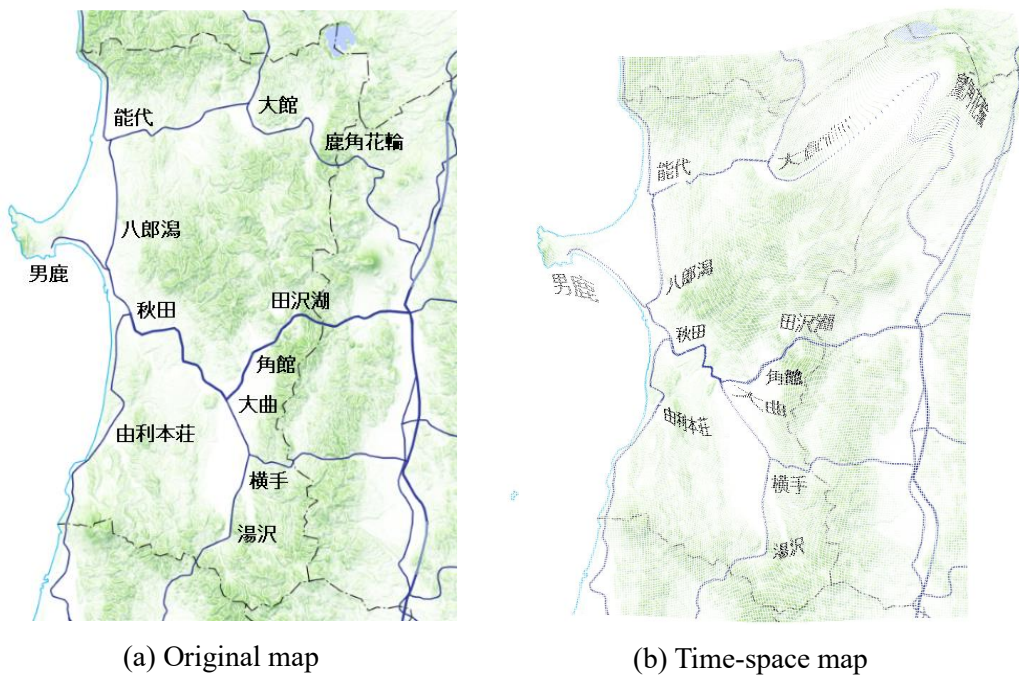


Fig. 2 Transformation of image data .

第1段階の制御点の配置法は取得したい時間地図の種類によって異なる手法が提案されており、配置の中心となる任意の制御点を1点定め、その他の制御点を単位方向ベクトルと移動時間から座標を求めて配置する手法⁵⁾や、中心を定めずに各制御点間のリンクに関して各リンクの方位角の変化量が最小となるような線形最小二乗問題に帰着させる手法²⁾などが提案されている。

第2段階では制御点をもとに制御点を除くすべての地図の要素を時間地図上に配置する。第2段階の変形に関しては様々な手法が提案されているが、位相同形の破綻や微分可能性の破綻といった問題が発生せずに変換が可能なベクトル場解析手法⁶⁾を主に用いる。ベクトル場解析手法では元地図と時間地図の制御点をそれぞれ平行な平面上に配置し、それらを接続するベクトルから成る場における流線の方程式から変換をする。

本研究では秋田県の鉄道の移動時間に関する時間地図を作成する。Fig.1 に制御点の配置を示す。Fig.1 は線形最小二乗法を用いて配置しており、秋田県にある12箇所の駅を選択した。(a)は元地図の配置、(b)は時間地図上での制御点の配置である。Fig.2 はベクトル場解析手法を用いて(a)の元地図を(b)の時間地図に変換している。ここで(a)は国土地理院地理院地図³⁾から取得した。ここまでは画像の幾何変換のみを行い、画素補間といった画像的な処理は行っていない。(b)を参照すると鹿角花輪付近の画像の変形が特に激しい箇所では文字表記の読み取りが困難となっていることが確認できる。

3. 文字の配置法

本章では Fig.2 の地図変換過程において、文字の配置に関する提案手法を記述し、文字の形状が保たれた時間地図を作成する。まず、手法の概要を記述する。

文字の配置に関する提案手法は4段階で構成される。第1段階では画像中の文字領域の画素を特徴抽出する。第2段階では文字領域から文字部の画素を画素補間する。この時作成された地図を地図Bと呼ぶ。このとき、地図Bは元地図から文字を除去したような画像データとなる。第3段階では地図Bを時間地図に変換し、画像変換によって生じる内挿点を画素補間する。第4段階では文字領域の任意の画素に関して時間地図上での座標を算出し配置する。下記に各段階の手順を詳細に述べる。

第1段階の文字の特徴抽出には光学文字認識(Optical Character Reader : OCR)を用いる。OCRは画像データのテキスト部分を認識し、文字データに変換する機能を有している⁴⁾。本研究では、インターネット上で公開されているライブラリである EasyOCR⁶⁾を使用した。文字認識のアルゴリズムは様々提案されているが、EasyOCRはパターン空間マッチング法を原理としている。それは重ね合わせ法とも呼ばれ、入力画像のパターンと辞書やテンプレートといった標準化されたパターンを空間的に重ね合わせパターン間の距離、相関および類似度の一致度を評価することによって文字認識を行う最も単純で基本的な手法である⁴⁾。本研究では地図中で認識した文字周りの矩形領域の各頂

点画素の座標値を自動で取得するためにOCRを用いる。

ここで、OCRで認識した矩形領域の画素を $P_{TG}(s)(t)$ とすると、その位置ベクトルを $\mathbf{p}_{TG}(s)(t)[x_{TG}(s)(t), y_{TG}(s)(t)]$ と定義できる。この時、 $1 \leq s \leq S$ (S は抽出した文字列の総数)、 $1 \leq t \leq T$ (T は各矩形領域内の画素の総数)である。次に各矩形領域内を2値化して文字を判別する。Fig.3の画素値に関するヒストグラムから、大津の2値化法³⁾を用いて閾値を自動設定し文字を抽出する。大津の2値化法は任意の閾値によってヒストグラムを2つのクラスに分割した場合にクラス間分散が最大となるように閾値を設定する手法である。Fig.3は実際に鹿角花輪の文字列周りの矩形領域内の画素値をヒストグラム化しており、Fig.3のようなヒストグラムが2つのピークの間深く鋭い谷を持つ二峰性分布を有する際に大津の2値化法が有効である。また、この時、矩形領域内から抽出した文字の画素を新たに $P'_{TG}(s)(t)$ と置く。

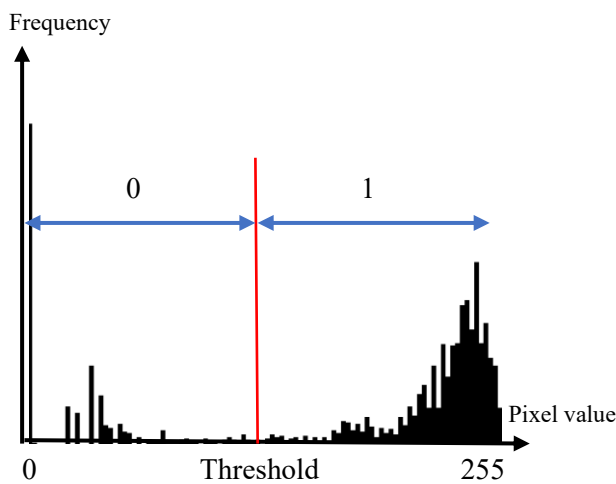


Fig.3 Concept of image thresholding.

第2段階ではFig.4に示すような画素補間のアルゴリズムによってFig.5の文字表記がない地図、地図Bを作成する。第2段階の画素補間のアルゴリズムはFig.4のようにまず、 $P'_{TG}(s)(t)$ に「偽」、それ以外の画素に「真」の値を与えて2値処理を行う。この時、 $P'_{TG}(s)(t)$ の座標を (x, y) と置くと、その周囲の画素によって正方形が構築される。この時、 i 近傍の正方形の左上頂点の座標は

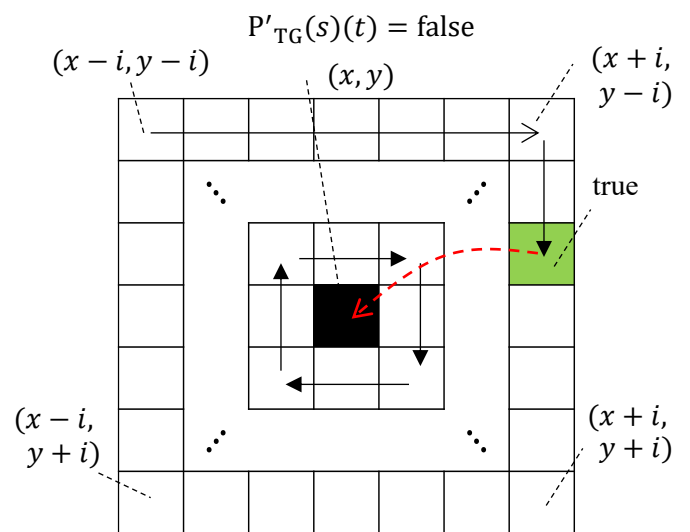


Fig.4 Concept of interpolation.



Fig.5 Map without characters.

$(x-i, y-i)$ となり，右上は $(x+i, y-i)$ ，左下は $(x-i, y+i)$ ，右下は $(x+i, y+i)$ とおける．この時，正方形の各辺を Fig.4 のように $i=1$ から走査し，真が与えられている画素を検出するまで i を増加させる．いずれかの座標で真値の画素を検出した場合はその画素値を偽値の画素の画素値として補間する．この処理をすべての $P'_{TG}(s)(t)$ に対して行う．

第3段階では地図 B を時間地図へ変換する．この時画像の幾何変換によって発生する画素間の隙間，内挿点を画素補間する．画像解析では一般的に画像変換における逆写像が定義できる場合は，逆変換により内挿点の元画像における座標値を求めて画素補間を行う．ただし，逆写像が定義できない手法を用いて時間地図を作成する場合は，Fig.4 のような探索による画素補間を用いる必要がある．Fig.6 に逆変換が可能な場合の画素補間法概念図を示す．本研究では，

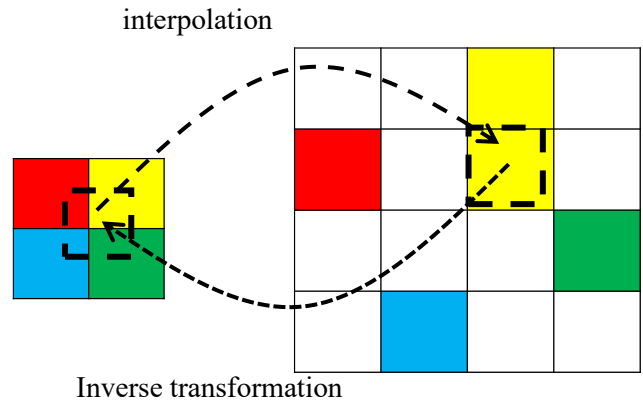


Fig. 6 Concept of nearest neighbor interpolation.

逆変換した際に内挿点との絶対距離が最も近い画素の画素値で補間する手法である，最近傍補間法⁴⁾を用いる．他の補間法として，内挿点の周囲の画素を距離で重みづけを行い平滑化する双1次補間法や双3次補間法が提案されているが，元画像にはない画素値の画素が発生するため画像データが壊れるという問題がある⁴⁾．Fig.7 において (a)は画素補間処理をする前の時間地図であり，(b)は処理後の時間地図である．(a)の画

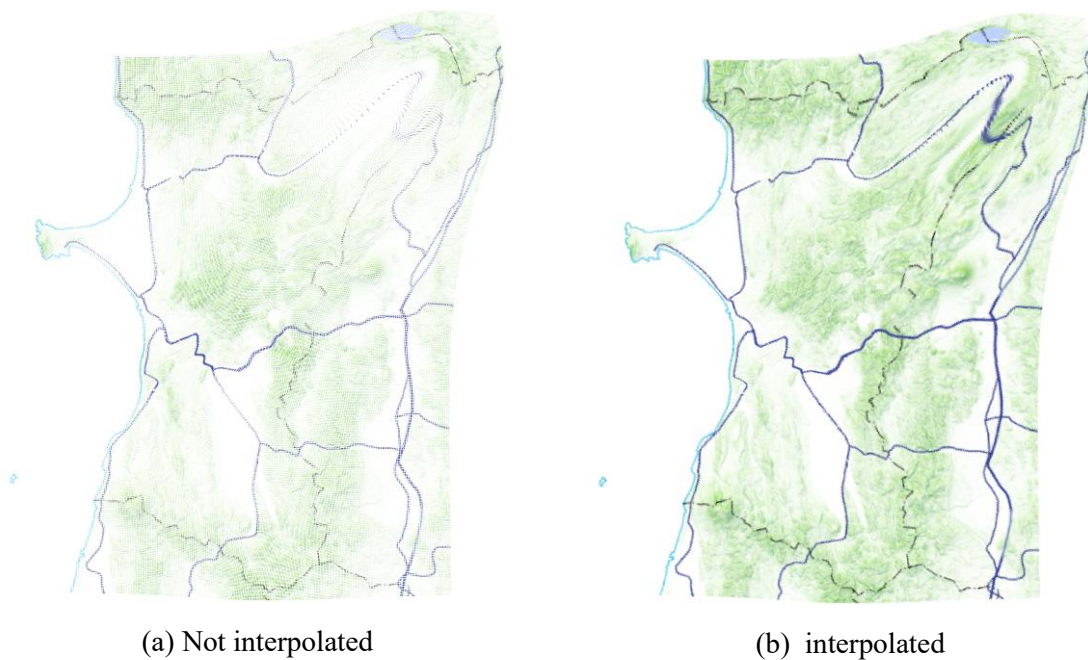


Fig. 7 Time-space maps without characters.

像は内挿点があり、特に変形の激しい箇所は路線や境界線が途切れていることが確認できる。(b)では画素補間によってその問題が解決していることが確認できる。

最後に第4段階として Fig.7(b)に文字を配置する。文字を配置する座標を算出するために各文字列の矩形領域における左上の頂点の座標 $P_{TG}(s)(1)$ に対応する時間地図上の点 $P_{TC}(s)(1)$ を配置の基準点として算出する。次に $P'_{TC}(s)(t)$ の座標を求める。その位置ベ

クトルは $\mathbf{p}'_{TC}(s)(t)[x'_{TC}(s)(t), y'_{TV}(s)(t)]$ である。座標は(1)式の平行移動のアルゴリズムによって求められる。

$$\mathbf{p}'_{TC}(s)(t) = \mathbf{p}'_{TG}(s)(t) - \mathbf{p}_{TG}(s)(1) + \mathbf{p}_{TC}(s)(1) \quad (1)$$

上記の4段階の手順によって時間地図上に元地図上の文字の形状が維持されたまま文字が配置される。

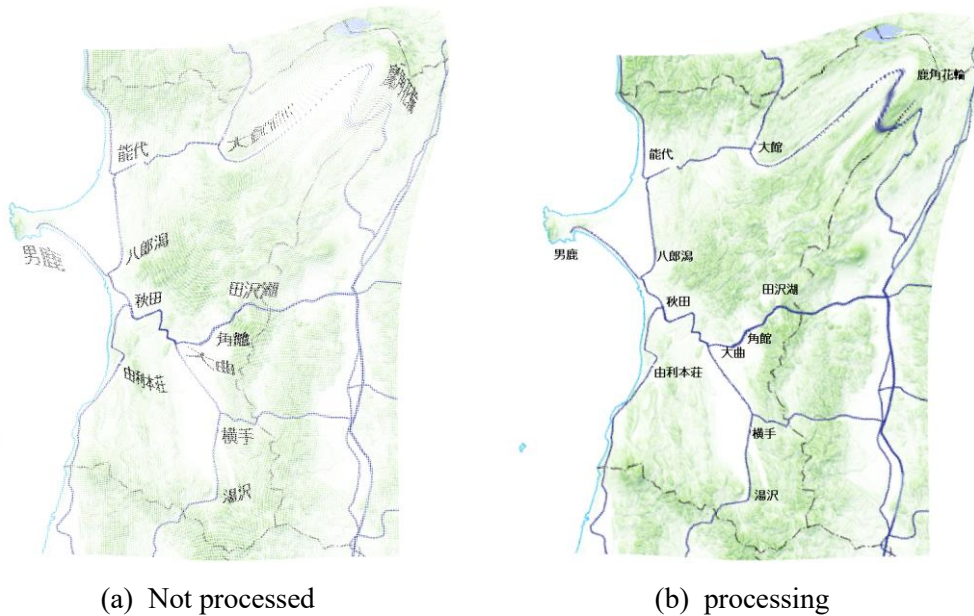


Fig. 8 Comparison of Time-space maps (VFA).

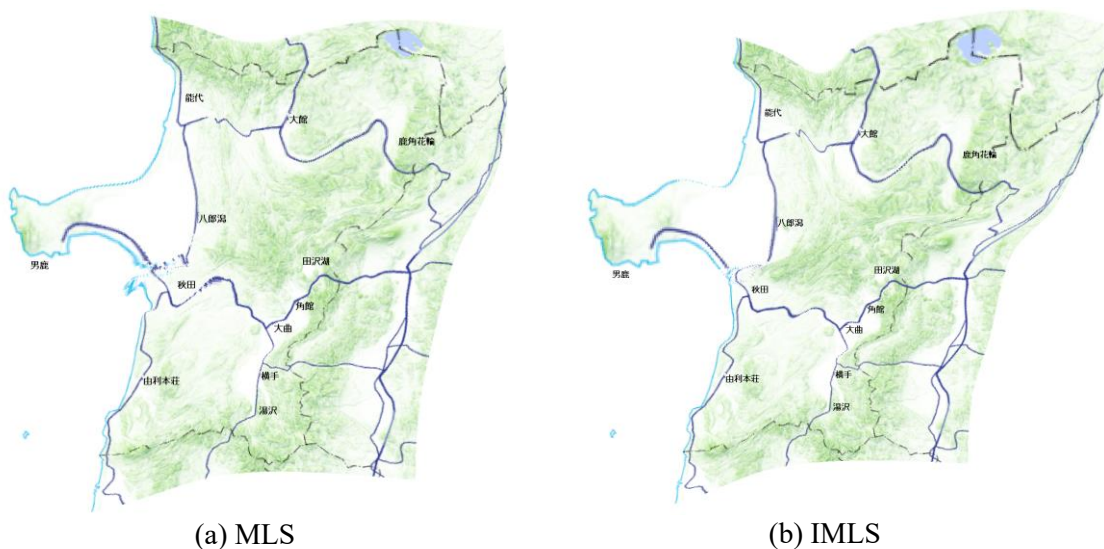


Fig. 9 Other methods.

4. 解析結果

Fig.8 に提案手法による処理前後の時間地図を示す。(a)が処理前、(b)が処理後であり、いずれもベクトル場解析手法によって作成した結果を示す。Fig.9 は移動最小二乗法⁵⁾によって時間地図を作成した結果を示す。移動最小二乗法は逆変換が可能でないため、Fig.4 の画素補間法を用いた。Fig.8, Fig.9 より文字の形状を保ったまま時間地図上に配置されており、作成手法が異なる場合でも同様の結果を示していることがわかる。よって提案手法は時間地図作成問題において汎用的に扱えることが考えられる。また、文字と路線や境界線といった地図の要素との位置関係が相対的に変化している箇所が確認されるが、位相同型の破綻は確認されていないため、地図の可読性を損なう処理ではないことがわかる。ただし、地図の路線や境界線が一部削除されている箇所を確認できる。これは矩形領域内を自動的に設定された閾値によって2値化する際に地図の要素が文字の画素であると誤判別されたからであると考えられる。

5. おわりに

時間地図作成問題において、文字を特徴抽出することにより、不要な変形を避けて時間地図上に配置することが可能である。また、提案手法は時間地図作成手法に問わず汎用的に用いることができる。ただし、課題として地図中のフォントが複雑であるときや、解像度が著しく低いときは文字認識が正常に動作しない場合がある。これは

今回用いた OCR のアルゴリズムにおける文字認識の精度が認識対象の文字が標準化された文字との一致度に依存するためである。また、今回は閾値を自動設定するために既に提案されているアルゴリズムを用いたが、文字と地図の要素が重なっている場合に誤判別を引き起こし、要素が消える場合があり、時間地図作成問題に適応できるアルゴリズムを開発する必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、熱心なご指導を受け賜りました、秋田大学 理工学研究科 三浦 武准教授に心から感謝の意を表します。

参考文献

- 1) A. Markowska and J. Korycka-Skorupa: “An Evaluation of GIS Tools for Generating Area Cartograms”, *Polish Cartographical Review*, **47-1**, 19/29 (2015).
- 2) 清水 英範・井上 亮: 「時間地図作成問題の汎用解法」, *土木学会論文集*, **64-765**, 105/114 (2004).
- 3) 国土交通省: 地理院地図 Vector | 国土地理院 (2020) <https://maps.gsi.go.jp/vector>, (参照 2023-10-25)
- 4) 高木 幹雄: 「新編 画像解析ハンドブック」, 東京大学出版会, 1350/1370 (2004)
- 5) R. Ullah and M.J. kraak: “An Alternative Method to Constructing Time Cartograms for the Visual Representation of Scheduled Movement Data”, *Journal of Maps*, **11-4**, 674/687 (2015).
- 6) T. Miura and K.Tajima: “Point Location Conversion in Distance Cartogram Construction Based on Vector Field Analysis”, *Journal of Information Processing*, **28**, 711/714 (2020).
- 7) JAIDED AI: EasyOCR documentation(2023) <https://www.jaided.ai/easyocr/documentation/>