

オープンデータを活用した
周産期医療向け地理統計データ閲覧アプリケーションの開発
Development of geospatial open data visualization software
for perinatal care

三好 邦彦[†] 皆月 昭則[†]
Kunihiko Miyoshi Akinori Minazuki

1. はじめに

近年、政府・地方自治体において整備が進むオープンデータを地域課題の分析・解決に活用することが重要視されている。例えば、医療や介護の分野について、自他地域の傾向を比較することや、将来の政策検討に用いることができる。国内では政府や内閣官房が定めたガイドライン等[1]に基づく情報公開の取り組みを通して、人口統計や産業統計を始めとして多様なデータが入手可能になっている[2][3]。本研究では、それらのオープンデータを活用した、北海道の周産期医療の提供状況の把握が容易なデータ閲覧アプリケーションを開発した。

2. 課題

北海道では専門的な医療機関が都市部に偏在することによって、地方の住民がそれらのサービスを受ける機会が少ない。また居住地域が各地に点在する上、その移動手段は自動車に依存せざるを得ない[4]。特に根室圏においては、周産期医療の受療行動のために 1 時間を超える長距離移動が必要となっている。これは東部沿岸自治体・西部沿岸自治体を含む北部山間地域の自治体を結ぶ道路ネットワークが少ないことなどが原因として挙げられる[5]。よって救急医療はもちろん、普段の受診行動にも障壁となっている。その具体的な実態の把握のためには、医療機関と居住地の地理的關係を俯瞰しながら、移動時間や人口カバー状況等の様々な指標を一望することが不可欠である。しかしながら、分析・閲覧には専門の地理情報処理ソフトウェアを用いる必要があるため、必然的に分析者や閲覧者が限られる課題があった。また、RESAS[6]のような Web ブラウザで簡単に操作ができるオープンデータ閲覧アプリケーションには、上述のような専門的課題を直結するデータが未登録であるため、所望の分析が困難である課題があった。

そこで本研究では、これらの課題を解決するために周産期医療の地理統計データを、オープンデータを収集・再構成することによって作成した。さらに、そのデータを簡単に閲覧可能な Web アプリケーションを開発した。

3. データの生成

3.1 オープンデータの収集

北海道の周産期医療の提供状況を定量的に分析するために、表 1 に示すオープンデータを収集した。

表 1 収集したオープンデータ

項目	オープンデータ
病院の所在	道内医療機関の名簿
分娩取扱産科一覧	北海道周産期医療体制整備計画
道路データベース	Open Street Map[7] e-STAT [2]
メッシュ単位 人口分布	「総務省平成 22 年国勢調査（国勢調査－世界測地系 500m メッシュ）男女別人口総数及び世帯総数」
市町村境界情報	国土数値情報 行政区画データ[8]

3.2 オープンデータの再構成

入手したオープンデータを組み合わせて北海道の各地における最寄りの産婦人科病院までの移動時間を網羅的に計算した。具体的には①居住地区の抽出、②最短産婦人科病院への自動車による移動時間の網羅計算、③移動時間の計算結果を市町村単位で集計、④国勢調査の人口データを用いて人口カバー状況を集計、の 4 つの計算を行った。下記にそれぞれの手順の詳細を述べる。本研究に用いた各々のオープンデータは、点、行政区画単位、緯度経度メッシュ単位など、異なる形式を持つため、集計のためには符号化方法を統一する必要がある。本研究では、Quadkey を用いて符号化を行った。Quadkey は、緯度経度で表す 2 次元空間を階層的に 4 分割し、一次元ハッシュコードで表現する手法である。この手法は Open Street Map[7]や Bing Map[9]等において広く用いられる。例えば、釧路公立大学(東経 144.396 度、北緯 43.018 度)のハッシュコードは 1312233010103310 である。この手法で符号化方法を統一することによって、集計結果を画像データとして地図と重畳したり、異なる地域、国へ横展開したりすることが容易になる効果がある。

本研究では、e-STAT に掲載されるデータで広く用いられる 3 次メッシュに最も粒度に近いレベル 16(約 500m 四方)の粒度を選択し、符号化を行った。

3.2.1 居住地区の抽出

e-STAT で公開されている「平成 22 年国勢調査の人口集計データ」を用いることによって北海道内の居住地区を抽出した。このデータは 3 次メッシュで公開されているため、Quadkey へ符号化変換を行った。具体的には緯度経度の 2 次元角度空間上に統計値を対応付けし、2 次元行列とみなして numpy array 型に展開した上で、3 次メッシュの緯度経度分割定義から Quadkey のそれへと線形補間した。線形補

[†] 釧路公立大学, Kushiro Public University

間アルゴリズムの実装は Python の `scipy` パッケージに含まれる `ndimage` 関数を用いることで行った。

3.2.2 最短病院に対する自動車による移動時間の計算

北海道オープンデータカタログ[3]において公開されている「道内医療機関の名簿」および「北海道周産期医療体制整備計画」から分娩を取り扱う産婦人科病院を 61 件抽出した。さらにそれぞれの住所から緯度経度を算出した。居住地区の各地点から、前述の各病院への通院にかかる時間を自動車による移動と仮定し、その移動時間を総当りで算出した。移動時間は Open Street Map の道路データベースを経路探索エンジン OSRM Backend[10]によって探索することで求めた。具体的には、各居住地区から近傍 100km 以内の病院を病院一覧から選択し、メッシュの中央点から各病院に対する所要時間を導出した。その結果、移動時間が最も短い病院を選択した。計算結果の一部を表すスクリーンショットを図 1 に示す。

計算には Intel Xeon プロセッサ(E5-1620 3.60GHz)を搭載したワークステーションを用い、約 4 時間所要した。

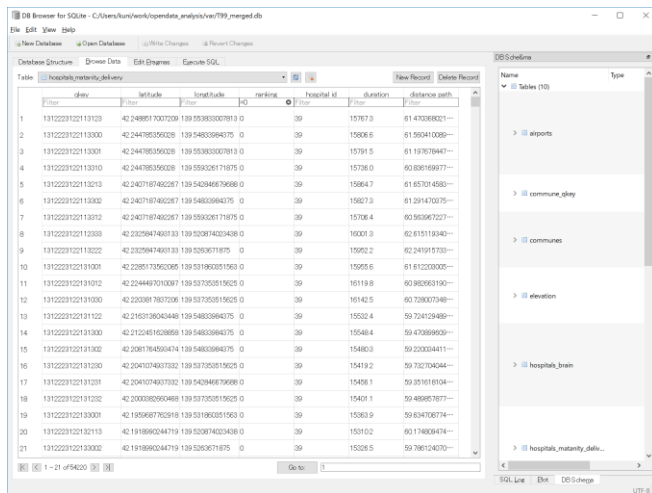


図 1 各居住地域から最寄り病院への移動時間の計算結果

3.2.3 移動時間の計算結果を市町村単位で集計

市町村単位で移動時間の平均値やヒストグラムを集計するために、「国土数値情報行政区画データ」を用いた。このデータはベクトルデータとして境界を定義しているため、Quadkey のレベル 16 の粒度でラスターライズし、区域定義に内包されるハッシュコードと市町村名を紐付けた。本手法の制約として、行政区画の境界は約 500m 四方の粒度で表現されるため、境界における人口集計に誤差が生じる。そこで、メッシュが境界をまたぐ場合には、人口の小さい市町村を優先するように量子化した。このようにする意図は、小さい市町村の人口が大きい市町村に過度に吸収されてしまうことによる移動時間課題の見落としを防ぐためである。

3.2.4 人口カバー状況集計

上記の処理によって求めた各データを結合し、全道の人口カバー状況および各市町村の人口カバー状況を算出した。

結合および集計にはリレーショナルデータベースエンジンである SQLite を用いた。SQLite に Quadkey を主キーとし

て各データを格納し、所望の集計を行う SQL を実行することで集計値を得た。

3.2.5 集計結果の精度

179 市町村の人口の誤差(本手法の集計値-市町村公表値)をそれぞれ求めるには”select q.市町村名, sum(人口) as sum_value from 人口メッシュ as mp inner join (select * from 市町村メッシュ as cq inner join 市町村 ID テーブル as c on c.市町村 ID = cq.市町村 ID) as q on mp.quadkey = q.quadkey group by q.市町村名 order by sum_value desc” という SQL を入力する。この SQL を実行した結果、それぞれの市町村の人口の誤差は-15,999 人(札幌市)~+10,748 人(北広島市)、誤差の人口比率は-20%(天塩町)~+42%(鷹栖町)であった。誤差の傾向としては、集計の意図の通り、人口が大きい市に隣接する町村において実際よりも多く集計された(図 2, 表 2, 表 3)。人口の小さな市町村の過小誤差を完全に防ぐことはできなかったものの、過大誤差よりも規模を小さく抑えることができた。本研究では、この誤差を修正するためのデータが調達できなかったため、この精度で割り切った。

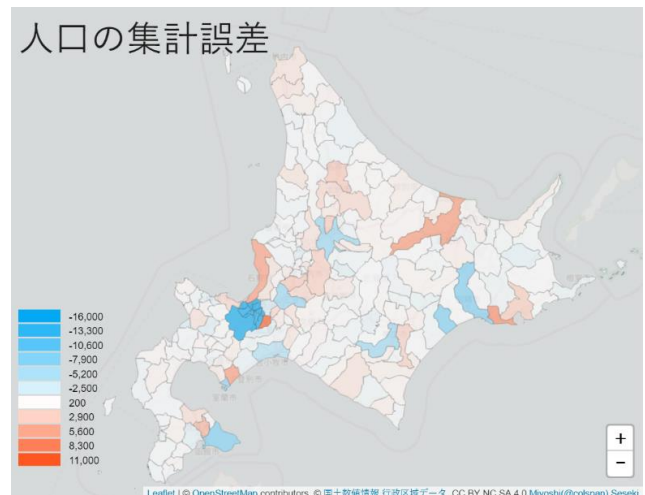


図 2 人口の集計誤差の地理的分布状況

表 2 人口集計誤差率(過大 10 位)

市町村	集計結果	2010 年	誤差	誤差率
鷹栖町	10,430	7,345	3,085	42.0%
浦臼町	3,112	2,206	906	41.1%
釧路町	28,157	20,526	7,631	37.2%
豊富町	5,915	4,378	1,537	35.1%
厚岸町	13,726	10,630	3,096	29.1%
南幌町	10,964	8,778	2,186	24.9%
共和町	8,008	6,428	1,580	24.6%
和寒町	4,769	3,832	937	24.5%
幌延町	3,323	2,677	646	24.1%
三笠市	12,544	10,221	2,323	22.7%

表3 人口集計誤差率(過小10位)

市町村	集計結果	2010年	誤差	誤差率
美深町	4,547	5,178	-631	-12.2%
上士幌町	4,422	5,080	-658	-13.0%
上富良野町	9,997	11,545	-1,548	-13.4%
江差町	7,770	9,004	-1,234	-13.7%
小平町	3,190	3,717	-527	-14.2%
遠別町	2,636	3,084	-448	-14.5%
古平町	3,066	3,611	-545	-15.1%
寿都町	2,904	3,443	-539	-15.7%
岩内町	12,093	14,451	-2,358	-16.3%
天塩町	3,015	3,780	-765	-20.2%

3.2.6 最寄り病院への移動時間の集計

総当たり計算によって得られた最寄り病院への移動時間の人口分布を集計する。例えば、30分未満の人口を求めるには、`select sum(p.人口) from 移動時間 as m inner join 人口メッシュ as p on p.quadkey = m.quadkey where m.所要時間 < 30 * 60;` というSQLを入力する。この問い合わせ結果は5,123,108人となる。これは、総人口の約93%に相当し、全体としては大多数が“安全圏”にいたことが判明した。一方で、全道の移動時間別の人口カバー状況を5分単位で集計すると、図3および図4のようになる。道内の陸続きの範囲については85分までにすべての人口がカバーされた。一方、離島(礼文島, 利尻島, 奥尻島)においては海路による移動時間が加わることもあり、170分以上と集計された。

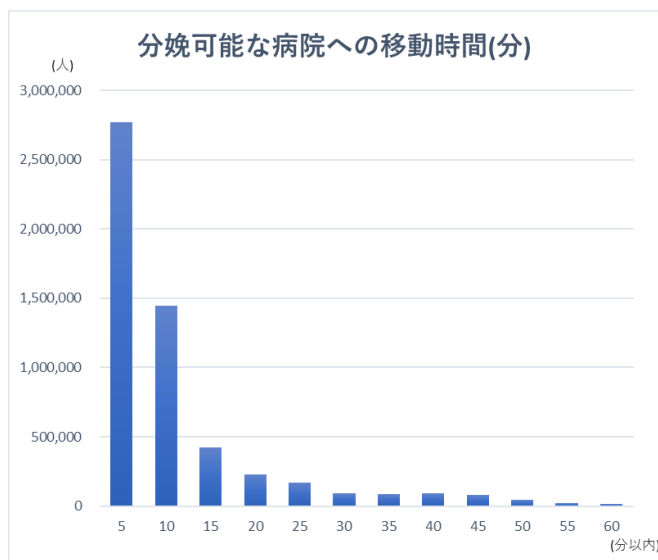


図3 分娩可能な病院への移動時間人口カバー状況(60分以内)

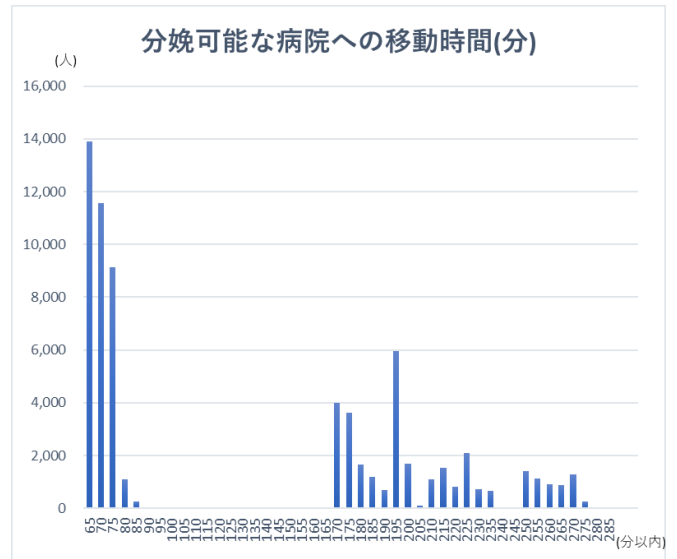


図4 分娩可能な病院への移動時間人口カバー状況(60分1秒以上)

以上述べた結果は、全道の傾向であり、179市町村それぞれの実態を把握するには粗すぎる。また、都市部の影響が大きすぎるため、周辺の人口が少ない市町村の実態が見にくくなってしまっている。そこで、市町村単位での集計を行った。具体的には、上記のSQLに市町村名を限定する検索条件を加えた上、15分刻み(0~360分)の移動時間で人口を集計するSQLを179市町村全てに用意し、問い合わせをした。更に、得られた移動時間に対応する人口がそれぞれの市町村の人口に占める割合も同時に計算した。その結果、179行48列の集計結果を得た。しかしながら地理情報向けの汎用ソフトウェアにおいて、いずれもこの集計結果を簡便に閲覧することが困難であった。具体的には、移動時間別のヒストグラムを、人口と人口率を並べ、かつ簡便に市町村を切り替えて閲覧することができなかった。そこで、本研究において、今回のデータ集計結果を簡便に閲覧可能なデータ閲覧アプリケーションを内製することにした。

4. データ閲覧アプリケーションの開発

3章で用意した各種統計データを閲覧するためのWebアプリケーションを開発した。これにより、受診や救急搬送が困難な地域が視覚的に表現できた。実働の成果物を次のURLにて公開している。

<https://colspan.github.io/hokkaido-time-distance-for-perinatal-care/>

このアプリケーションは、メッシュ単位の集計結果と市町村単位の集計結果を重ねたヒートマップを表示するものである。ヒートマップは移動時間が大きい場所ほど青く、濃い色で表示されるように配色した(図5)。基準となる病院の位置にはピンを配置し、名称を閲覧できる。

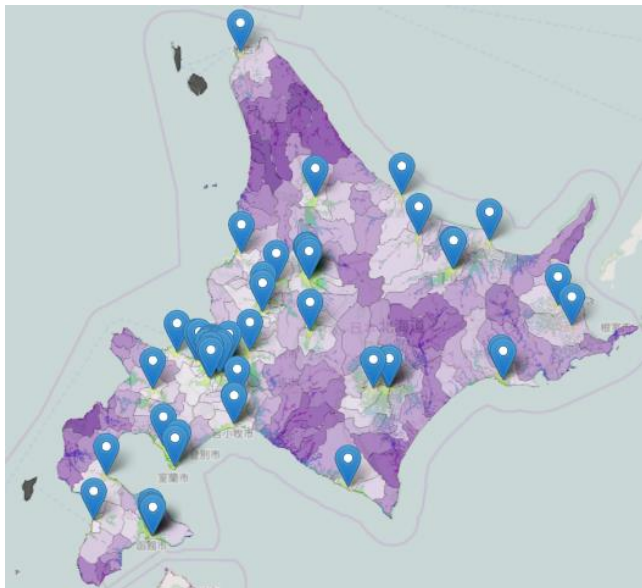


図5 ヒートマップ表示(全体)

また、ヒートマップを拡大縮小表示することができ、拡大した際には約 500m 四方の粒度で居住地域及び移動時間が表示される。表 4 に示す基準で時間と色の対応付けを行うことで、居住地域が最短病院から何分の場所にあるか、目視判断できるようにした。基準時間の中間にある地域には、線形補間で求めた中間色を割り当てることで、近傍地域との連続的な視認性を高めるようにした。

表4 メッシュ時間距離配色対応

時間	色
0 分	黄色
15 分	黄緑色
30 分	水色
45 分	青色
60 分	紫
60 分～300 分	黒色へフェード

また、マウス操作により、市町村個別の集計結果を閲覧できる。地図をマウスカーソルでポイントすると、その市町村の移動時間が表示される。例えば根室市民の平均移動時間が 42 分 28 秒となっていることは、参考文献[5]で言及された根釧地域の周産期医療機関への移動時間のリスク問題を裏付けている(図 6)。この他にも道北地域(図 7)、道南地域(図 8)において、大半の住民の移動時間が 1 時間を越える市町村を確認できた。その他にも日高総合振興局・十勝総合振興局の中にも移動時間が 1 時間近くかかる市町村を確認できた(図 9)。なお、マウス操作に連動して画面右方には 15 分刻みの移動時間別の人口分布がヒストグラムとして表示される(図 10)。

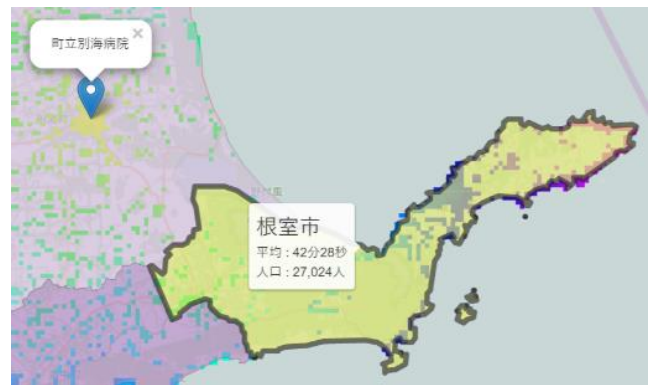


図6 詳細な統計情報の表示例(根室市)

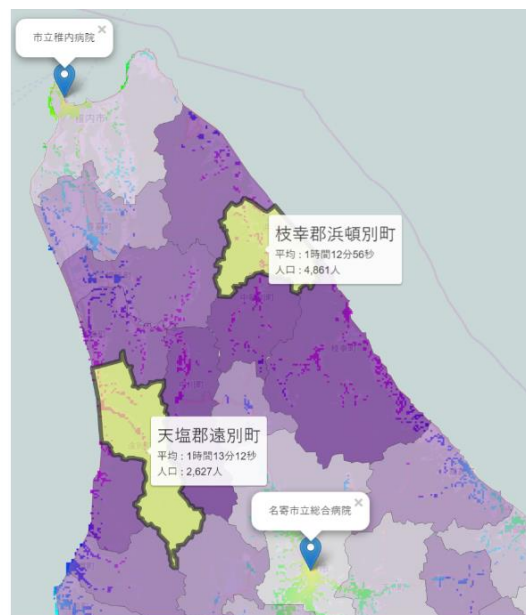


図7 詳細な統計情報の表示例(道北地域)

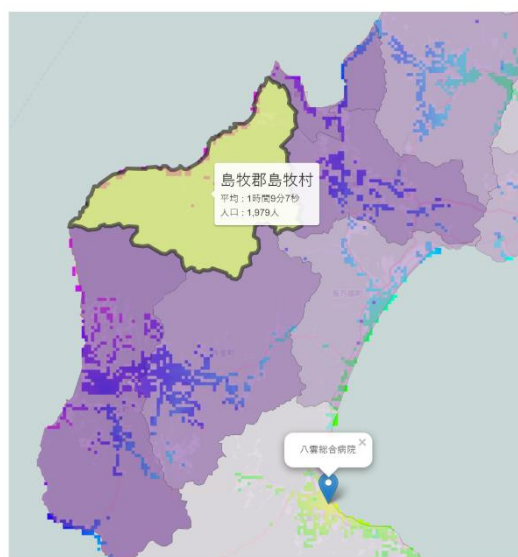


図8 詳細な統計情報の表示例(道南地域)

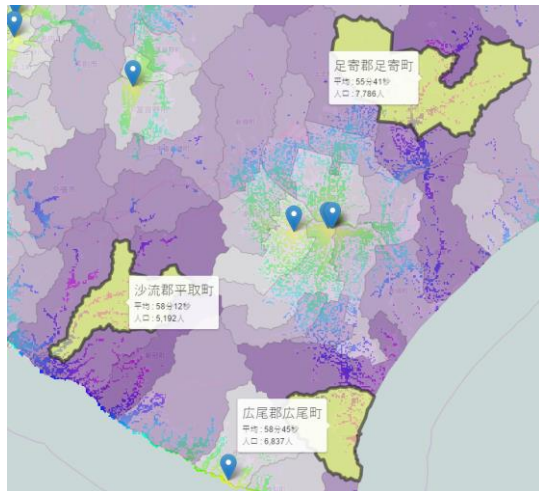


図9 詳細な統計情報の表示例(日高・十勝)

根室市

時間距離別の人口

時間距離	人口	人口率
～15分	0	0.00%
～30分	562	2.08%
～45分	22,175	82.06%
～60分	3,621	13.40%
～75分	666	2.47%
～90分	0	0.00%
～105分	0	0.00%
～120分	0	0.00%

枝幸郡浜頓別町

時間距離別の人口

時間距離	人口	人口率
～15分	0	0.00%
～30分	0	0.00%
～45分	0	0.00%
～60分	0	0.00%
～75分	4,459	91.73%
～90分	402	8.27%
～105分	0	0.00%
～120分	0	0.00%

天塩郡遠別町

時間距離別の人口

時間距離	人口	人口率
～15分	0	0.00%
～30分	0	0.00%
～45分	0	0.00%
～60分	0	0.00%
～75分	2,481	94.44%
～90分	143	5.43%
～105分	3	0.13%
～120分	0	0.00%

島牧郡島牧村

時間距離別の人口

時間距離	人口	人口率
～15分	0	0.00%
～30分	0	0.00%
～45分	0	0.00%
～60分	143	7.21%
～75分	1,555	78.58%
～90分	281	14.21%
～105分	0	0.00%
～120分	0	0.00%

沙流郡平取町

時間距離別の人口

時間距離	人口	人口率
～15分	0	0.00%
～30分	0	0.00%
～45分	1,486	28.63%
～60分	2,272	43.77%
～75分	1,382	26.61%
～90分	52	0.99%
～105分	0	0.00%
～120分	0	0.00%

広尾郡広尾町

時間距離別の人口

時間距離	人口	人口率
～15分	0	0.00%
～30分	0	0.00%
～45分	0	0.00%
～60分	1,124	16.44%
～75分	5,713	83.56%
～90分	0	0.00%
～105分	0	0.00%
～120分	0	0.00%

図10 平均移動時間が約1時間の市町村の例

アプリケーションを実装する上で、地図表示制御に leaflet.js[11]を、データ集計結果の読み込み及び可視化に d3.js[12]を用いた。いずれも地理情報の可視化を行う上で広く使われているオープンソースソフトウェアである。

また、市町村単位のヒートマップは TopoJSON に変換した行政区域データの枠内を、統計値に基づいて着色することによって実現している。さらに、居住地域単位のヒートマップは、Quadkey 互換の符号化ルールに則ったタイルマップ画像を集計値に基づいて事前にレンダリングしておいたものを Web サーバにホスティングし、閲覧時には逐次必要な範囲・解像度を逐次ダウンロードすることで実現している。

本アプリケーションは、データを差し替えることが容易であるため、今後異なるデータ・異なる課題・異なる地域への横展開が可能である。アプリケーション本体は MIT ライセンスとして、可視化結果は Creative Commons(CC BY 2.1 JP)にて公開しているため、本研究以外への適用も促進している。

開発レポジトリは下記の URL である。

<https://github.com/colspan/hokkaido-time-distance-for-perinatal-care>

なお、動作確認をしている Web ブラウザは Chrome、及び Edge である。

5. まとめ

本研究では、周産期医療の地理統計データを、オープンデータを収集・再構成することによって作成した上で、そのデータを簡便に閲覧可能な Web アプリケーションを開発した。これにより地域医療の課題を各居住地域個別の視点で容易に把握できるようになった。例えば、参考文献[5]で言及された根釧地域の周産期医療機関への移動時間のリスク問題が、500m メッシュ単位で定量的かつ視覚的に認識可能になった。

今後、分析結果のデータやアプリケーションの操作性や実用性について、医療・行政機関従事者を対象に評価を実施する予定である。また、今回のスコープに限らず広く横展開をしていく。例えばドクターヘリを適用した場合の時間距離変化や、他の診療科に関する移動時間の分析にも応用していく。さらに、年度の異なるデータを導入することにより、移動時間の経年変化を追跡調査していく。その際には、より粒度の細かい人口メッシュデータを導入し、市町村境界における診療行動の精度を高めていく。

今回開発したアプリケーションについてもオープンソースソフトウェアとして公開しているため、本研究以外における地理情報可視化の様々な用途への横展開を促進する活動も行っていく。

謝辞

本アプリ開発は、研究課題/領域番号 26330360 テーマ「へき地の周産期母子と都市病院のつながり支援システム」の開発評価」の関連研究に設定し、国の科学研究費助成事業のもと実施しており多大な支援に感謝します。

参考文献

- [1] 地方公共団体オープンデータ推進ガイドライン,
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/densi/kettei/opendata_tebikisyo.pdf
- [2] e-STAT, <https://www.e-stat.go.jp/>
- [3] 北海道オープンデータカタログ,
<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ss/jsk/opendata/opendata.htm>
- [4] 石田 樹, 高橋 尚人, 宗広 一徳, 他, “地域医療サービスからみた道路網評価に関する研究”, 国立研究開発法人土木研究所成果報告書 (2013)
- [5] 土田 菜, 皆月 昭則, “長距離移動マタニティの受療行動支援システム構築に向けた研究”, FIT2016 (2016)
- [6] RESAS, <https://resas.go.jp>
- [7] Open Street Map, <https://www.openstreetmap.org/>
- [8] 国土数値情報 行政区域データ,
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N03.html>
- [9] Bing Map Tile System,
<https://msdn.microsoft.com/library/bb259689.aspx?lang=ja-jp>
- [10] Open Source Routing Machine, <https://github.com/Project-OSRM/>
- [11] Leaflet.js, <http://leafletjs.com/>
- [12] d3.js, <https://d3js.org/>