

地理情報科学による地域課題の抽出 —人材育成を目指して—

新潟県立新潟東高等学校 山本 靖

はじめに

- 地理の授業において地理情報科学、地理空間データ（地理情報）サイエンスを実践してきた
- 地理の目標は「地理的な見方・考え方」＝空間的思考の習得であるが、紙地図では不十分
- この目標の実現のためにGISや多変量解析、解析モデルを援用してデータを処理
- 地域の課題は可視化してこそ説得力が増す
- こうした取組が地理情報科学やデータサイエンスの普及に繋がればよい

1. 授業の目標・ねらい

- ・空間的思考力の特に空間的推論を涵養すべく、事象を表す主題図を作成する能力や読み取る力を育成することが目的
- ・事象を理解し、解決策を見出す能力を育成して人材の資質の涵養とすることができる。従来のアナログの地理教育からDX化への推進である

2. 授業の概要

- ・GISソフトを使用して、高齢者の空間的自己相関の検出や修正ウィーバー法による農作物の特色や土地利用のエントロピー値を算出
- ・シンベル指数を計算させ交通状況进行分析した。さらにフードデザート問題について生鮮食料品へのアクセシビリティを測定して地域の課題を探った

3. 評価の方法

- ・知識・技能は基本的なGISの操作方法を習得したかで評価。思考・判断・表現は可視化した地図の読み取りで評価。
- ・主体的に取り組む態度は主題図の作成やそれが表すものの読み取り、今後の課題で評価

4. 授業実践で工夫した特筆すべき点

- ・興味関心を引き出すために身近な地域を対象に、操作手順は電子黒板で投影して行った

授業実践①-フードデザート問題-

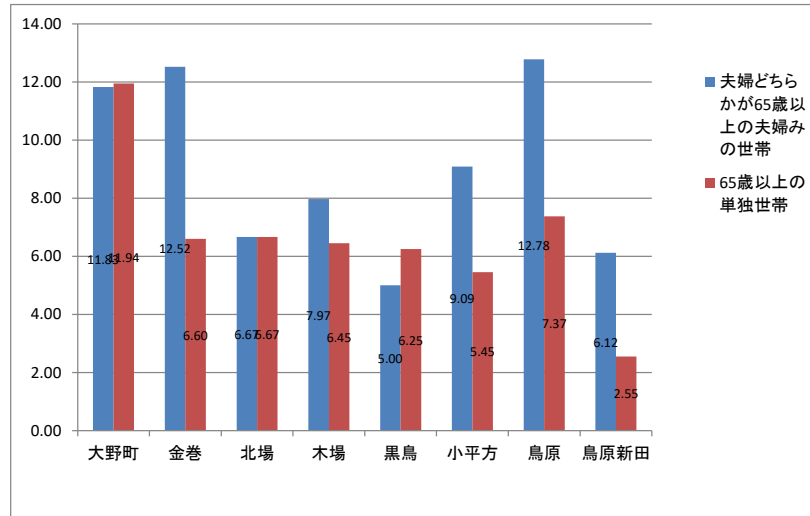


図1 高齢世帯

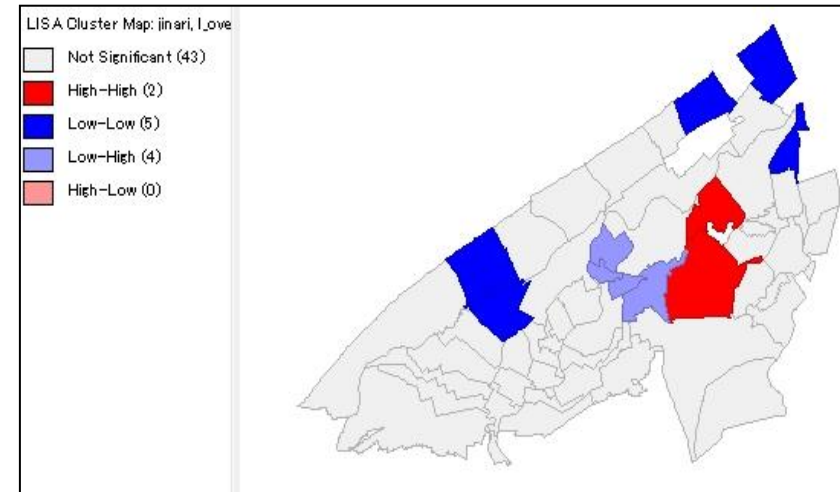


図2 高齢者の空間的自己相関

- 学校近隣の世帯や高齢者の状況を把握させるために国勢調査のデータをExcelでグラフ化させる
- Geodaで65歳以上の空間的自己相関を検出
- 1%水準でHigh-Highが2地区検出、I統計量は0.14

生鮮食料品店のマッピング

- ・住所をジオコーディングしてプロットする。
- ・本校を中心とする半径 1 km のバッファを作成する→これによりメッシュをクリップ→これにより新潟市西区のポリゴン (kokuseichosa) をインターセクト→フィールド演算で単独世帯数、3 世代世帯数、どちらかが 65 歳以上の夫婦のみ世帯数、65 歳以上単独世帯数を面積按分して再計算 (ジオメトリ演算で $area2$ を出す→ $area2/area*over65$) →meshcl でディゾルブしてメッシュの合計 (単独世帯数、3 世代世帯数、どちらかが 65 歳以上の夫婦のみ世帯数、65 歳以上単独世帯数) を出す→ジオメトリ変換ツールでポイントに変換する

-
- ※上記のように細かな手順を書いたプリントを配付し、併行して PC の操作をプロジェクターで投影し操作を説明
- ・地理情報科学はベースマップが大事なファーストステップで、これに時間を要する

最近隣の店舗とネットワークボロノイ図との比較

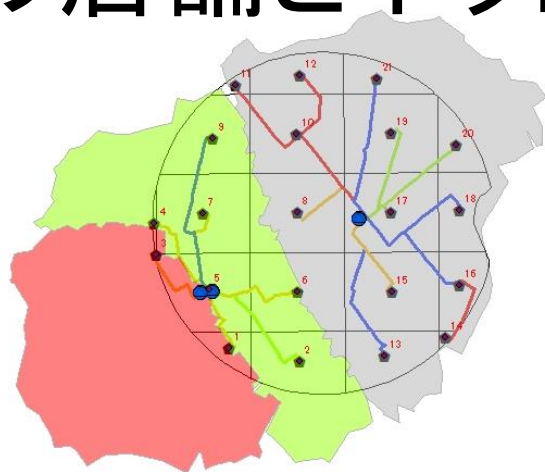


図3 ネットワークボロノイ図
と最近隣の店舗の比較

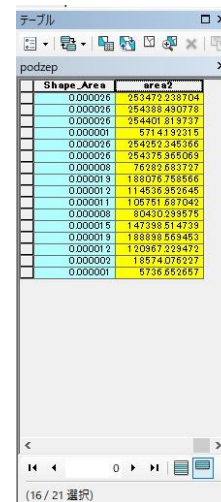


図4 500m以上のメッシュ

- 最近隣の店舗とネットワークボロノイ（新規到達圏→オーバーラップを許可しない→lenにチェック）を比較してみる
- 手順→kokuseichosa_Intersect_Dissoに列を追加し各メッシュの面積を出す
- ・kokuseichosa_Intersect_DissoのテーブルとFDのテーブルを結合して（キーはmechcl）フードデザート問題が発生しているメッシュを抽出する
- total_lenの列を降順に並べ替え500m以上を選択→area2の統計情報で合計を見る→500m以上のメッシュ面積は地域の74.8%

フードデザートマップの考察

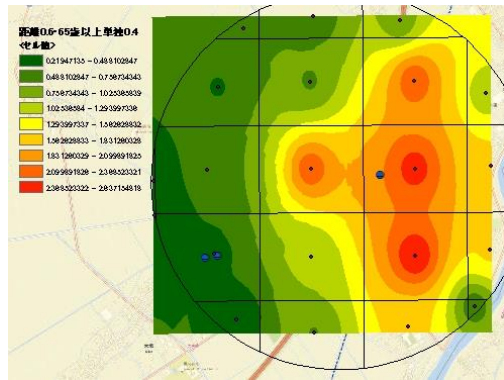


図5 マップ例①

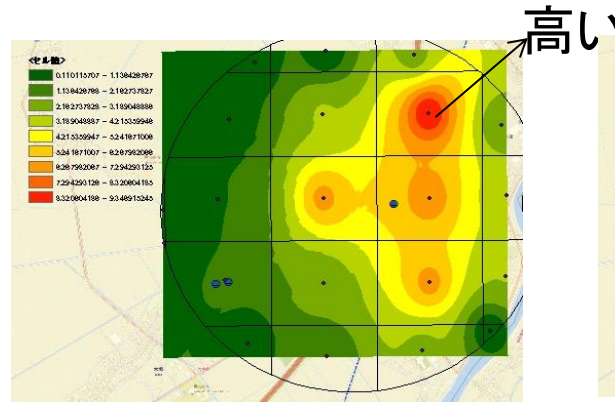


図6 マップ例②

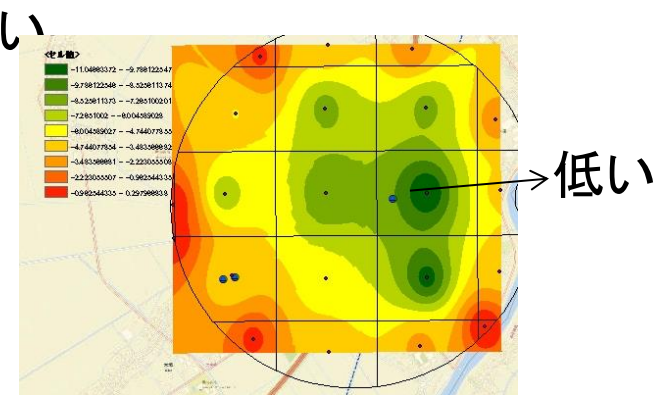


図7 マップ例③

- 変数を距離（基準化したもの）、単独世帯数、3世代世帯、どちらかが65歳以上の夫婦、65歳以上の単独世帯としてウェイトを掛けてフードデザート値を算出する
- 3世代世帯だとリスクは軽減される傾向→家族について考えてみよう！
- メッシュの重心で見たのであり個々の事情とは乖離、自家用車の保有数は把握できない
- 高齢者の運転リスクも考慮すべき→GISの限界

フードデザート問題を解決するには

- Q フードデザート問題を解決するにはどうしたらよいのか？
- A ネット販売、移動販売、買い物代行、見守り
- Q 引きこもりがちな高齢者にはどうしたらよいか？
- A コミュニティの結束、絆
- Q この問題は生鮮食料品店へのアクセスの善し悪しの問題だけではない
- A 無縁社会が背景にある、人への無関心

授業実践②-土地利用と農業-



図8 1974年



図9 2009年

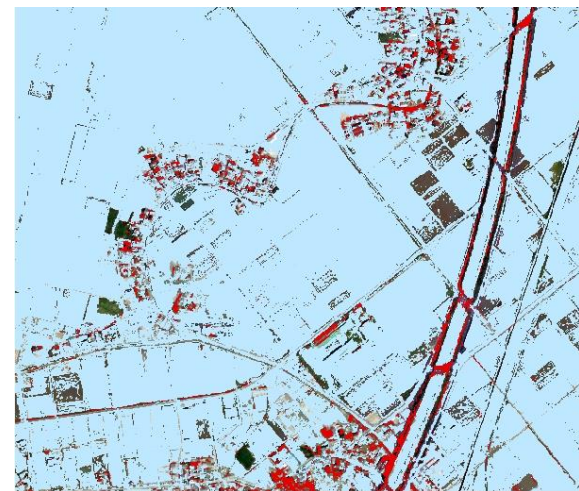


図10 二時期とも緑

- 1974年と2009年の空中写真より土地利用の変化を判読
- ほとんど変化は無しと推論→目視ではここまでが限界
- 最尤法でラスタ演算の結果では二時期とも緑であったセルを抽出

方位線と土地利用メッシュ

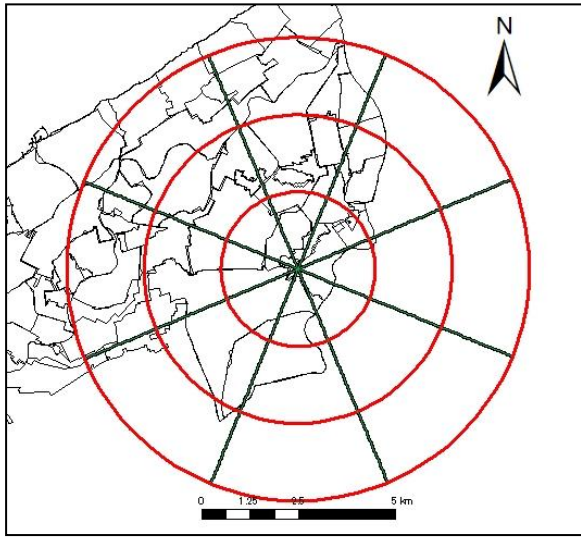
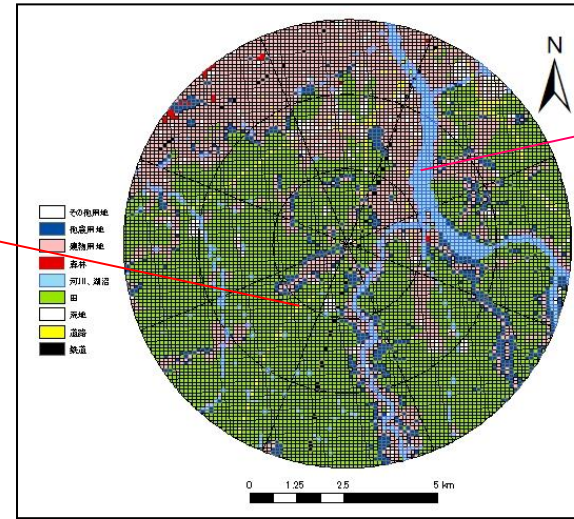


図11 方位線

中之口川



信濃川

図12 土地利用メッシュ

- ・ 学校を中心として8方位線を描き半径6km以内の土地利用を概観し、土地利用エントロピー値を算出する

※手順1・・・バッファウィザードで2kmごとのリングを3個作る

- ・ エディタで方位線を使い、ポリゴン切断ツールでバッファを24分割する
- ・ このポリゴンを使い土地利用メッシュをインターセクト

土地利用エントロピー値と農業の特色

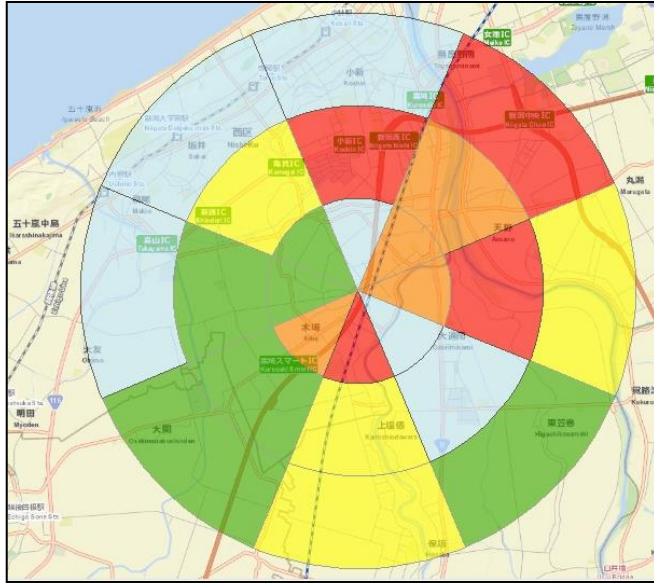


図13 土地利用エントロピー値



図14 修正ウィーバー法

- ・ エントロピー値は赤の南2km帯や北東6km帯が高い
- ・ 農林業センサスの指標より栽培作物の特色を修正ウィーバー法により抽出
- ・ 特色は内野町は露地野菜類+稲等

耕作放棄面積の解析①

表 1 回帰分析

基本統計量

	畑(樹園地を除く) 面積計	総農家_耕作放 棄地面積
件数	34	34
合計	63112	6307
平均	1856.235294	185.5
標準偏差	3204.339501	245.9765017
積和	19788313	---
相関係数	0.761	---

分析精度

決定係数	0.579
自由度修正済 み決定係数	0.566
ダーヴィンワトソ	1.862783034
関数式名	直線
a=	0.058400664
b=	77.09462648

表 2 残差等

	畑(樹園地を除く) 面積計	総農家_耕作放 棄地面積	予測値	残差	標準化残差
1	707	128	118.3839	9.616104	0.059316732
2	347	111	97.35966	13.64034	0.084140163
3	2247	130	208.3209	-78.3209	-0.483120899
4	2257	604	208.9049	395.0951	2.43713547
5	440	50	102.7909	-52.7909	-0.325639645
6	1699	70	176.3174	-106.317	-0.655816313
7	7093	721	491.3305	229.6695	1.41671115
8	2247	247	208.3209	38.67908	0.238591084
9	637	372	114.2958	257.7042	1.589642508
10	15663	974	991.8242	-17.8242	-0.109948349

- ・耕作放棄地面積と関係が深い説明変数を探り、GWR（地理的加重回帰）と比較
- ・相関係数を出し、大きい変数を回帰式に採用
- ・決定係数0.57、1%水準で有意

耕作放棄面積の解析②

表 3 GWRの結果

OID	VARNAME	VARIABLE	DEFINITION
0	Bandwidth	135486.624413	
1	ResidualSquares	191017.659029	
2	EffectiveNumber	2.004321	
3	Sigma	77.266475	
4	AICc	396.841073	
5	R2	0.850698	
6	R2Adjusted	0.846011	
7	Dependent Field	0	計面積
8	Explanatory Field	1	畑(樹園)1

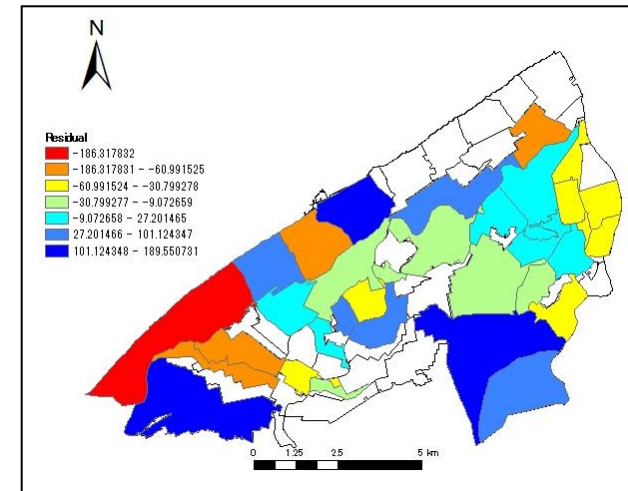


図15 GWRの残差

- GWRの決定係数は0.85、condition numberは最大で7.24（多重共線性は低い）、式に値を代入させ残差を確認

Q. GWRの残差はなぜ小さいのか、なぜ優れているのか？

A. 従属変数により各地区ごとに傾きや切片を推定する

Q. なぜ耕作放棄地が増えるのか？→A. 7 少子・高齢化による後継者不足

Q. 増えることによる弊害は何か？→A. 8 食料自給率減少、害虫の増加等

Q. 再利用は何か？→A. 9 太陽光発電を作る、市民農園にする等

授業評価



図16 興味深い手法

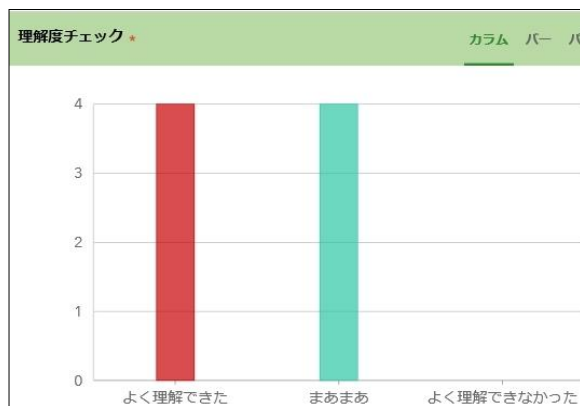


図17 理解度

ワードクラウドには、表示する回答が少なくとも 20 以上必要です。

テーブルの非表示

回答	数
難しかった	2
このソフトに触るのははじめてだったので土地関連について調べられることが多く感心しました。	1
すごいと思った	1
たまに解らなくなるときもあったけどGISがいろいろなことに使えるということが楽しく学べた	1
大変だった	1
慣れるまでなかった	1
楽しかった	1

図18 自由記述

<アンケート結果>

- 手法ではGWRが興味深かったという回答が一番
- 半分以上がよく理解できた
- GISは土地関連やいろいろと調べられる事がわかり楽しく学べた
- 農業の担い手を増やすには農家の野菜を買う企業を見つけていく、経済を回して賃金の高い職にする、補助金制度を充実させる
- どの国や県が一番少子化が進んでいるかをGISで見てみたい→ESD的視野
- GISで今後活性化するであろう土地を調べられたら面白い

授業実践③-身近な交通問題-



図19 シンベル指数

- ・ バスルートを作りアクセシビリティの解析を行った
- ・ 西区のバスルートにより各バス停からの最短経路をダイクストラ法で検索
- ・ 頂点 (node) 、辺 (edge) の構造として捉え、シンベル指数を算出する
- ・ 道路ネットワークを改良してより近接性の高い道路網にする

距離行列を作りシンベル指数等を計算

表4 距離行列

10	改良前ODmatrix	小針五丁目	小針六丁目	小針七丁目	環境公社前	工業高校入口	小針中学校前	小針大通団地	流通センター二丁目	流通センター会館前	流通センター四丁目	西警察署前	小針八丁目	坂井輪小学校前	坂井東二丁目	坂井東三丁目	坂井東小学校入口	新通小学校前	坂井村上下	坂井村上	小針本村	白鳥の里	亀貝	坂井輪幼稚園前	小針四丁目	小針ポンプ場前	sum
1	小針五丁目	0	1	2	4	5	6	7	8	9	10	8	3	3	4	5	6	7	8	9	3	5	7	6	1	2	129
2	小針六丁目	1	0	1	3	4	5	6	7	8	9	7	2	2	3	4	5	6	7	8	4	4	6	5	2	3	112
3	小針七丁目	2	1	0	2	3	4	5	6	7	8	6	1	1	2	3	4	5	6	7	5	3	5	4	3	4	97
4	環境公社前	4	3	2	0	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	2	1	6	5	5	3	95
5	工業高校入口	5	4	3	1	0	1	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6	7	8	9	2	1	7	6	4	3	101
6	小針中学校前	6	5	4	2	1	0	1	2	3	4	5	3	4	5	6	7	8	9	10	3	2	8	7	5	4	114
7	小針大通団地	7	6	5	3	2	1	0	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	4	3	5	8	6	5	125
8	流通センター二丁目	8	7	6	4	3	2	1	0	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	5	4	4	5	7	6	122
9	流通センター会館前	9	8	7	5	4	3	2	1	0	1	2	6	7	8	9	10	11	12	13	6	5	3	4	8	7	127
10	流通センター四丁目	10	9	8	6	5	4	3	2	1	0	1	7	8	9	10	11	12	13	14	7	6	2	3	9	8	130
11	西警察署前	8	7	6	7	6	5	4	3	2	1	0	6	5	4	3	3	4	5	6	8	7	1	2	9	9	121
12	小針八丁目	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	6	0	1	2	3	4	5	6	7	3	2	5	4	4	5	91
13	坂井輪小学校前	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	5	1	0	1	2	3	4	5	6	4	3	4	3	4	5	91
14	坂井東二丁目	4	3	2	3	4	5	6	7	8	5	4	2	1	0	1	2	3	4	5	5	4	3	2	5	6	94
15	坂井東三丁目	5	4	3	4	5	6	7	8	9	4	3	3	2	1	0	1	2	3	4	6	5	2	1	6	7	95
16	坂井東小学校入口	6	5	4	5	6	7	8	9	6	5	4	3	3	2	1	0	1	2	3	7	6	2	1	7	8	106
17	新通小学校前	7	6	5	6	7	8	9	7	6	5	4	5	4	3	2	1	0	1	2	8	7	3	2	8	9	125
18	坂井村上下	8	7	6	7	8	9	10	8	7	6	5	6	5	4	3	2	1	0	1	9	8	4	3	9	10	146
19	坂井村上	9	8	7	8	9	10	11	9	8	7	6	7	6	5	4	3	2	1	0	10	9	5	4	10	11	169
20	小針本村	3	4	5	2	2	3	4	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8	9	10	0	1	8	7	2	1	120
21	白鳥の里	5	4	3	1	1	2	3	4	5	6	7	2	3	4	5	6	7	8	9	1	0	7	6	3	2	104
22	亀貝	7	6	5	6	7	8	5	4	3	2	1	5	4	3	2	2	3	4	5	8	7	0	1	8	9	115
23	坂井輪幼稚園前	6	5	4	5	6	7	8	5	4	3	2	4	3	2	1	1	2	3	4	7	6	1	0	7	8	104
24	小針四丁目	1	2	3	5	4	5	6	7	8	9	8	3	4	5	6	7	8	9	10	2	3	8	7	0	1	133
25	小針ポンプ場前	2	3	4	3	3	4	5	6	7	8	9	5	5	6	7	8	9	10	11	1	2	9	8	1	0	136

◆ 2 5 個のバス停について入力したら→CTRLを押しながらAキーを押す→距離行列が出来る

◆シンベル指数、近接性指数の最小と最大を出す
 シンベル指数→ _____、近接性指数の最小
 → _____

最大→ _____

ネットワーク改良前のバス停の近接性

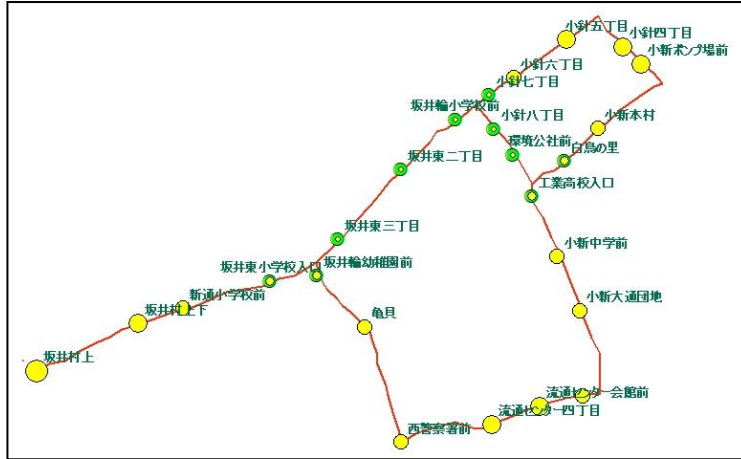


図20 改良前

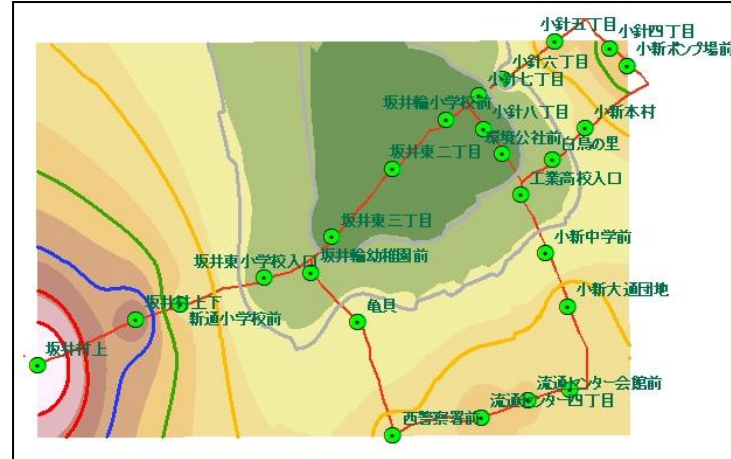


図21 IDWで内挿

- ネットワーク改良前の各バス停のシンベル指数をバス停のポイントに属性値として与えてシンボル表示、コンターを作成する
手順→P 3 を右クリック→プロパティ→シンボル→等級シンボルで値はBEF とする→ok
- spacialAnalyst→サーフェス→コンター→入力ラスタはrtbef→出力ポリラインフィーチャはbefsinberu→コンター間隔は10→ok
- 近接性が良いバス停、悪いバス停の確認→先のエクセルシートの可視化

ネットワーク改善後のシンベル指数等

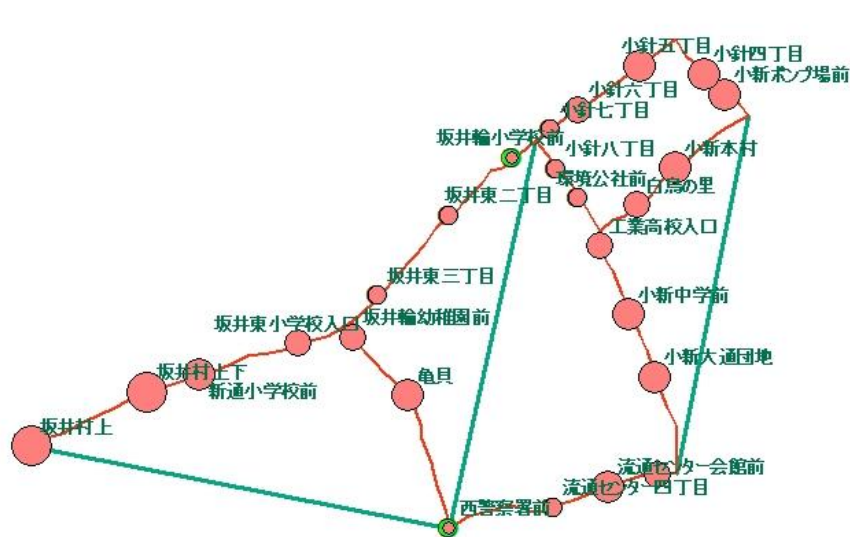


図22 改良後

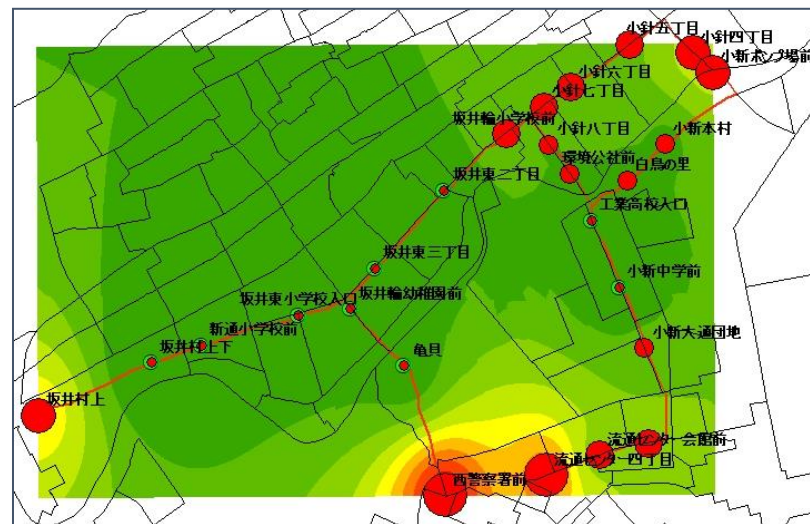


図23 前後の差

- ✓近接性を良くするにはどうすべきか？→
- ✓パスを3本挿入してみる→
- ✓改善されたか確認する→P3を右クリック→プロパティ→シンボル→等級シンボルで値はAFTとする→ok
- ✓前後の差を確認する→P3を右クリック→プロパティ→シンボル→等級シンボルで値はSAとする→ok
- ✓現実的には可能か？→

利用対象の高齢者人口の算出①

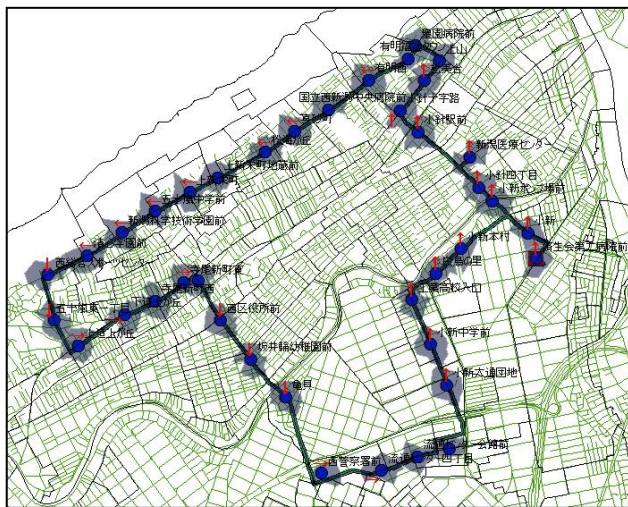


図24 高齢者人口の算出

✓バス停から205mの到達圏を算出してこのバッファにより国勢調査のポリゴンを面積按分して各バス停を利用する理論上の高齢者人口を算出する

- ・免許返納や65歳以上は100円

→メリットは？→環境に優しい、渋滞の緩和、高齢者の事故の減少、家族の負担の軽減

- ・まず学校から5kmをバッファを作り、距離をみる

- ・学校から亀貝、上道上が丘、小針駅前、小新中前を停留所としてバスルートを作る距離は17.2km、朝は45分程で学校に到着

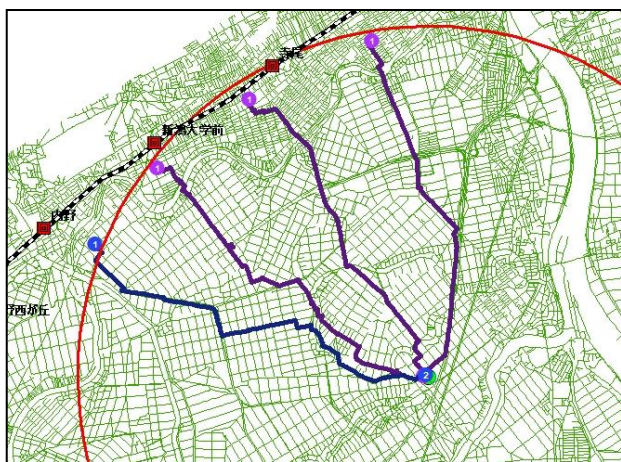


図25 スクールバスルート

商店や公共施設へのアクセシビリティをよくするには

- Q. 6 タクシーを安価で利用できるとよい
- A. 6 自治体からの補助金
- Q. 7 学校のアクセシビリティの問題
- A. 7 スクールバスの運行
- Q. 8 交通問題はどんな問題と関わり合いがあるか
- A. 8 まちづくり、高齢化、経済

その他・・・高齢者の移動の視点が重要、道路整備、線路の高架橋化

授業実践④-避難所の配置-

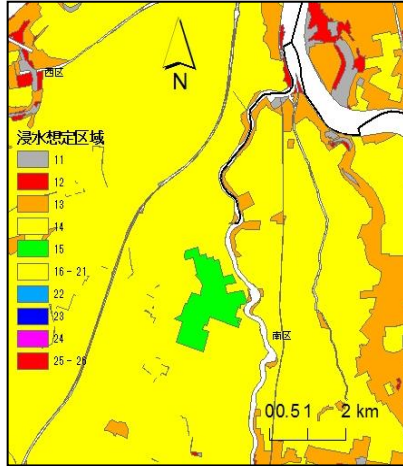


図26 浸水想定区域

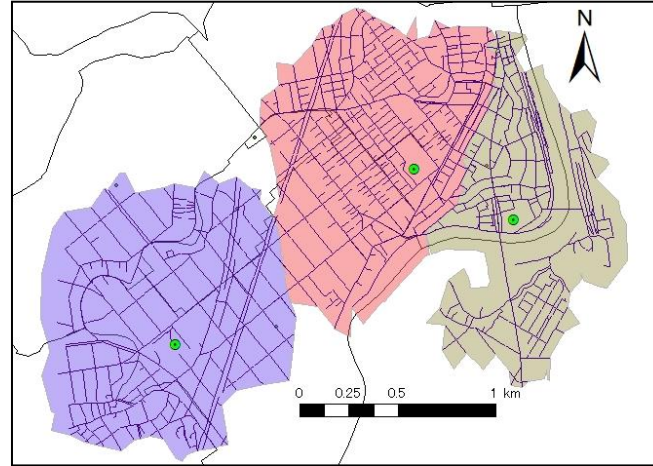


図27 1km到達圏

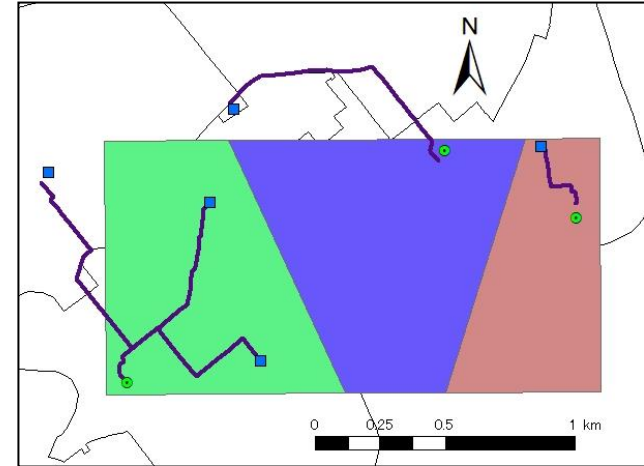


図28 ネットワークボロノイ図

- ・ 到達圏では 1 km でも空白域が見られ、避難所が不足
- ・ 最近隣の避難所とネットワークボロノイ図は一致

Q. ネットワークボロノイは何に援用できるか？→

A. 投票所、介護施設、病院、学校区、市役所等イメージの広がり

避難所の配置

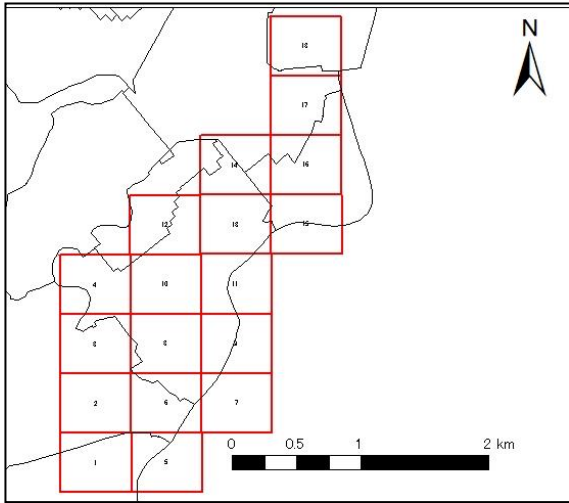


図29 500mメッシュ

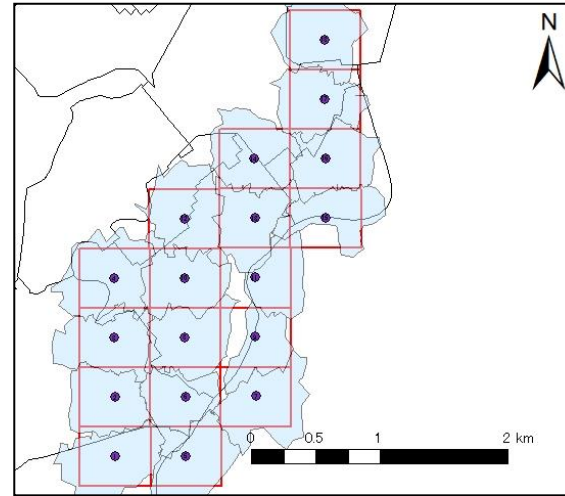


図30 到達圏

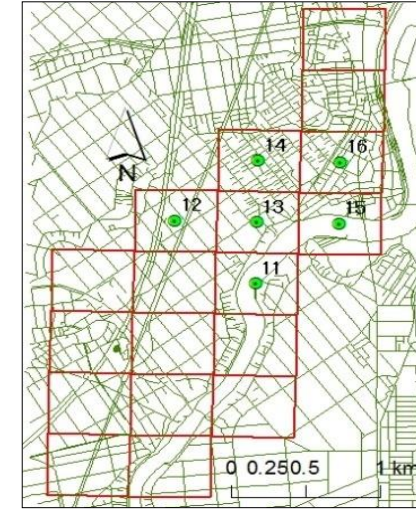


図31 P-medianの解

- ・高齢者が徒歩で避難できる500mを基に解析する
- ・P-median問題よりその有効性を考察する
- ・需要点から施設を配置する地点への総移動距離を最小にする点、施設は6個とする
- ・Mandaraで距離行列を作成し、人口を加重した総移動距離を最小にする点を選択
- ・18個のメッシュを被せて測定したものととの比較→A. 人口に左右される、どれも課題が

避難困難指数のマッピング

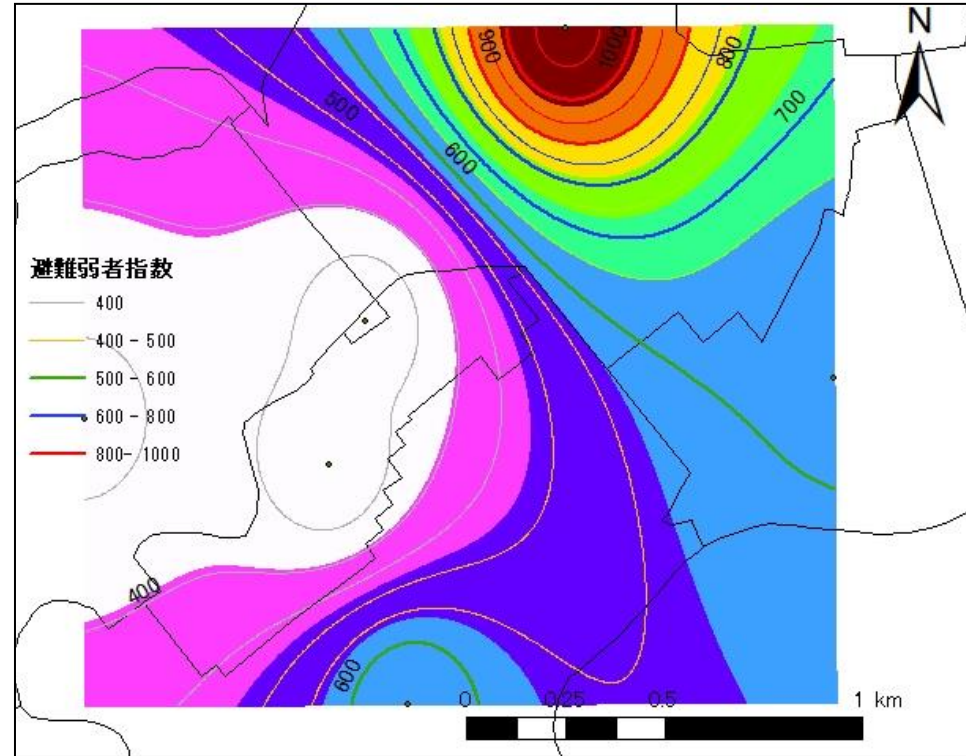


図32 避難困難指数

✓近隣のポリゴンの重心点に高齢者人口と最近隣の避難所までの距離を属性値と避難困難指数としてコンターを作成

フィールドワークの様子



図33 調査フォーム



図34 調査の様子

- ・GPSを携行し、フィールドワークでは往路は普通の歩きで5分22秒、復路は車いすで8分27秒、距離は450m

※生徒の感想：平坦であるが実際の避難時にはパニックとなり混乱も予想される

授業評価



図35 アンケート

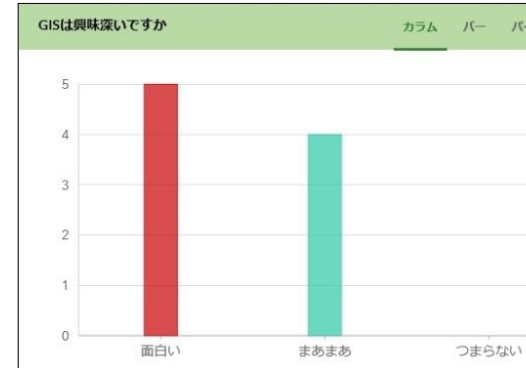


図36 GISについて

- アンケートフォームに記入して送信をタップ
- 手の動きに不自由な生徒にも有効
- 面白いが半分以上
- GISは避難場所の設定、地形解析、避難時の自分の居場所の確認、気候等に応用
- 今後は家の周りの地形を調べたい、GISについてもっと知りたい

授業実践⑤-空間的相互作用-

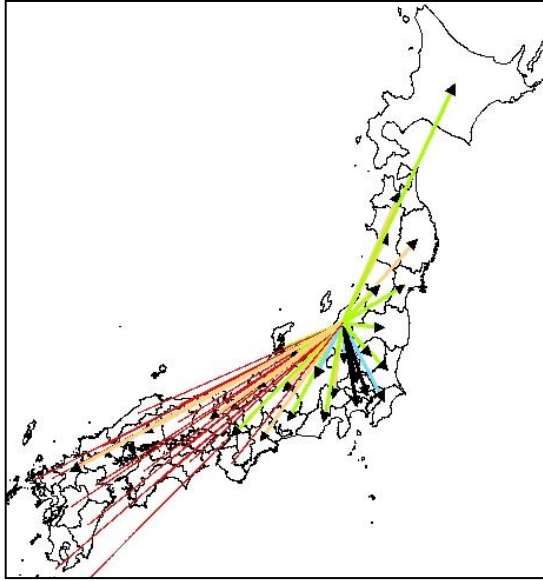


図37 他県へ転出

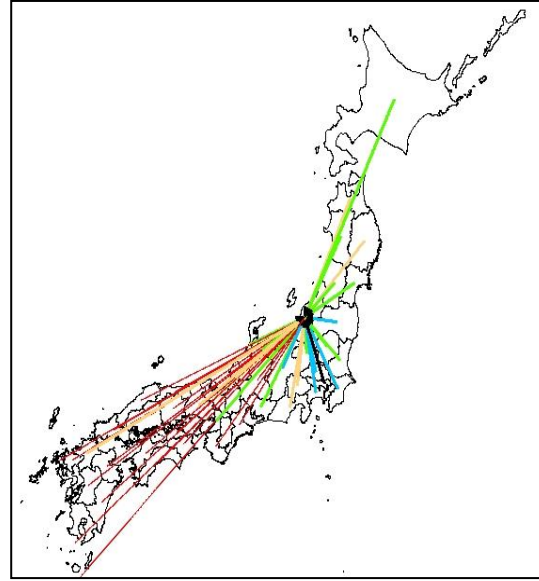


図38 他県から転入

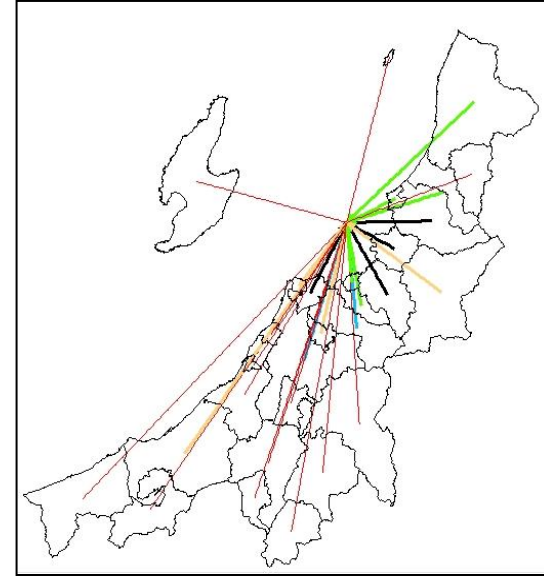


図39 新潟市へ流入

- ・ 国勢調査のデータをもとに他県との転出入の様子を可視化
- ・ 福島県からの転入者が多い理由について、東日本大震災の影響
- ・ 新潟市からの流出は新発田市を筆頭に、燕市、聖籠町と続き、新潟市への流入は新発田市を筆頭に五泉市、阿賀野市が続く

カーネル密度とNnh

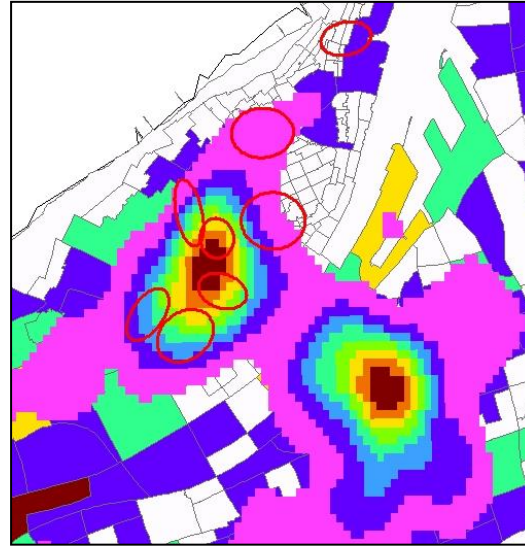


図40 カーネル密度とNnh

- ・経済センサスの事業所数より新潟市東区・中央区・西区の分布を可視化
- ・カーネル密度を算出させ、CrimeStatでNnh（ホットスポット分析）と比較
- ・カーネル密度が高くてもクラスタが検出されない地域がある

ハフモデルによる魅力度

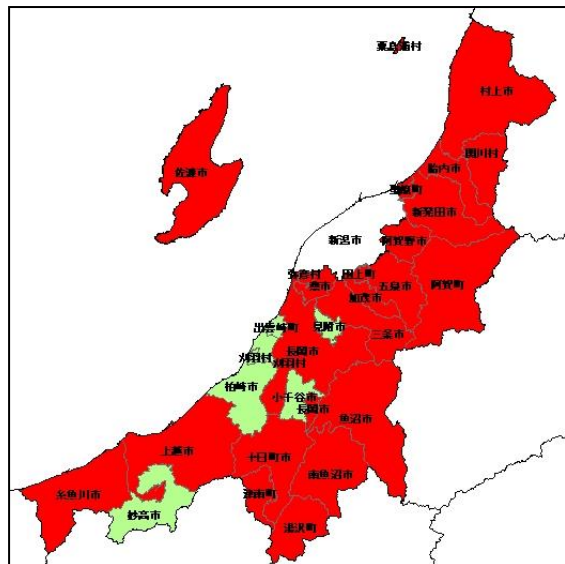


図41 新潟市が1位

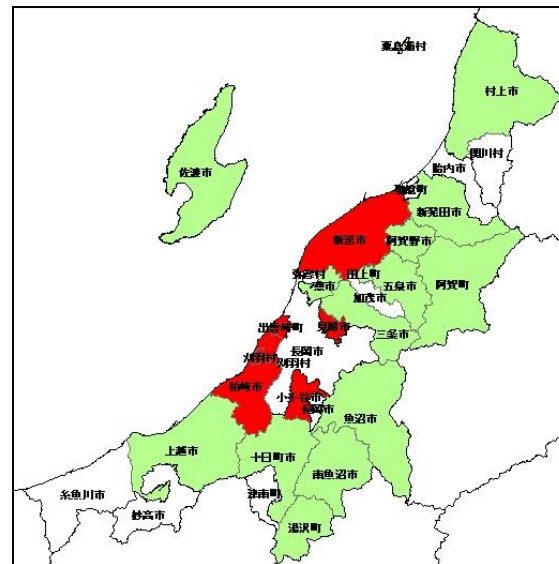


図42 長岡市が1位

- ・ ハフモデルを援用して事業所数と自治体間の距離により各自治体を選択する確率を計算させた
- ・ 新潟市の一人勝ちで新潟市を1位に選んだ自治体は23個

地域間相互作用力

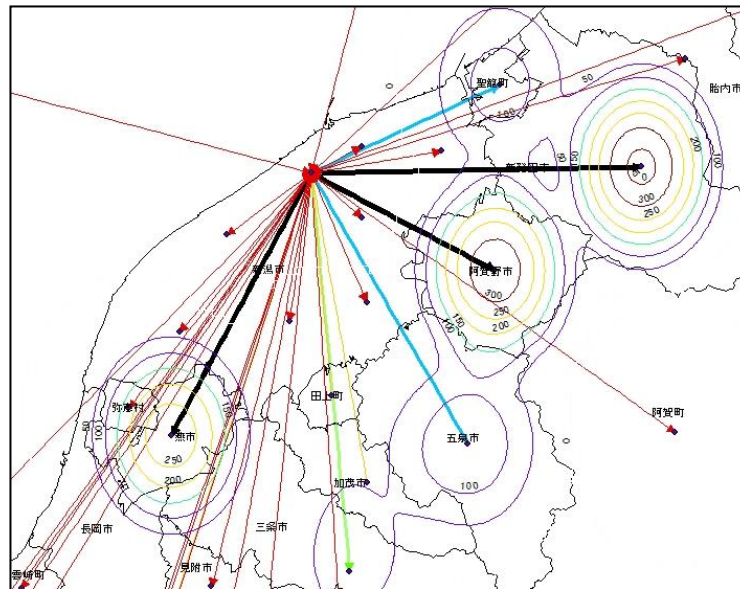


図43 地域間相互作用力

地域間相互作用力＝	新潟市への流入人口×新潟市からの流出人口	×100
	新潟市との距離 ²	

- ・ ニュートンの万有引力をヒントに地域間相互作用力として計算
- ・ 相互に流出入人口の多い新発田市、阿賀野市、燕市等が高い数値

まとめ

- ・地理情報科学は地域の課題を可視化するのに有効
- ・家族のあり方、高齢化、交通、防災・減災について自分事として捉えさせた
- ・ベースマップの作成準備に労力が必要だが得られる教育的効果は大
- ・教員研修の充実が急務
- ・人流データを基に避難行動の可視化や
- ・生徒の大学でのより高度な研究に繋げたい
- ・さらなる地理情報科学やデータサイエンスの普及を期待

参考文献

- ・ 大友 篤：地域分析入門改訂版, 東洋経済社, 2002
- ・ 杉浦 芳夫：地理空間分析, 朝倉書店, 2003
- ・ 岡部 篤行・村山祐司編：GISで空間分析, 古今書院, 2006
- ・ 山本 靖：高校における空間情報科学の確立に関する考察－これまでの実践を踏まえて－「地理情報システム学会講演論文集」, Vol. 21, 2012
- ・ 山本 靖：地理的な思考からGISによる空間的思考へ－空間的推論を中心に－, 2020年年次大会発表原稿集, 日本デジタル教科書学会