

GISを活用した北海道石狩地方における
道路距離と直線距離の関係に関する地理的分析

向原 強 藤本 直樹

北海道情報大学

Geographical Analysis of the Difference between the Euclidean
Distance and the Actual Road Distance in Ishikari Sub prefecture,
Hokkaido using GIS.

Tsuyoshi MUKOHARA and Naoki FUJIMOTO

Hokkaido Information University

平成30年 3 月

北海道情報大学紀要 第29巻 第2号別刷

〈論文〉

GIS を活用した北海道石狩地方における道路距離と直線距離の関係に関する地理的分析

向原 強* 藤本 直樹†

Geographical Analysis of the Difference between the Euclidean Distance and the Actual Road Distance in Ishikari Sub prefecture, Hokkaido using GIS.

Tsuyoshi MUKOHARA* Naoki FUJIMOTO*

要旨

GIS を活用する場合、地物間の距離の測定には直線距離を使って分析することが一般的である。直線距離と道路距離には、正の比例関係がよく知られているため、分析結果に大きな差がみられないためと考えられる。本研究では、北海道石狩地方（江別市、北広島市、恵庭市、千歳市）の徒歩圏距離に焦点をあて、道路距離と直線距離の関係の実態調査を試みる。その結果、両距離の高い相関関係というこれまでの研究成果を確認する一方で、地域による差異が大きく、徒歩圏の場合は、直線距離によるアクセシビリティ分析の指標として、一定の直線距離が好ましくない可能性があることが明らかになった。

Abstract

In case of GIS analysis, it is a conventional method to use Euclidean distance to measure distances between features. Because a positive proportional relation between Euclidean distance and road distance is well known, there is no significant difference in analysis results.

In this research, we will focus on the walking distance of Hokkaido Ishikari region (Ebetsu city, Kitahiroshima city, Eniwa city, and Chitose city) and try to investigate the actual condition of the relationship between Euclidean distance and road distance. As a result, while confirmed the results of the previous research on the high correlation between the two distances, there is a possibility that the constant Euclidean distance is not preferable as an index of the accessibility analysis in the case of the walking area.

キーワード

道路距離(road distance), 直線距離(Euclidean distance), GIS, 石狩地方(Ishikari Sub prefecture)

* 北海道情報大学経営情報学部先端経営学科 教授, Professor, Dept. of BIS, HIU

† 北海道情報大学経営情報学部先端経営学科 准教授, Associate Professor, Department of Business and Information Systems (Dept. of BIS), HIU

1. はじめに

地理情報システム（Geographical Information System; 以下 GIS）によって地物間の距離を測定する方法として、平面直角座標系とよばれる XY 平面上で、地物の位置を表し、ユークリッド距離によって、地物間の直線距離を測定することが、常套手段である。直線距離による分析は、道路距離による分析と比べて、距離の測定は容易である。GIS でよく使われるバッファ分析は、直線距離に基づいた分析手法である。GIS によるバッファ分析を使えば、商業施設を中心としたバッファとよばれる円を描き、バッファに含まれる（もしくは含まれない）住民人口の算出が可能になる。この方法により、商圈分析や、住民と商業施設のアクセシビリティ分析や、買い物弱者人口推定にも応用可能である。

バッファ内外の人口推定に、GIS を使わない方法も提案されている。例えば、薬師

寺・高橋(2012)、向原・藤本(2017)は、メッシュ統計から、生鮮食料品店から直線距離で 500m 以上の住民の割合を推定した成果である。これらの方法は、GIS を使わないものの、生鮮食料品店と住民位置の距離として直線距離を活用するモデルとなっている。

一方で、具体的なアクセシビリティ分析の場合、道路距離が重要な指標となる。例えば、農水省(2011)は、食料品店舗までの距離が 1~2km の場合、高齢者の約 1/3 の人が不便を感じているという調査結果（図 1）を発表しているが、この距離は道路距離である。一般に、人間の距離感覚は、直線距離よりも道路距離の方が認識しやすい。

それにもかかわらず、上記のような直線距離に基づいた商圈分析やアクセシビリティ分析の研究成果は少なくない。それには理由がある。

まず、道路距離を用いた分析は、時間的、金銭的なコストが高いことである。二点を

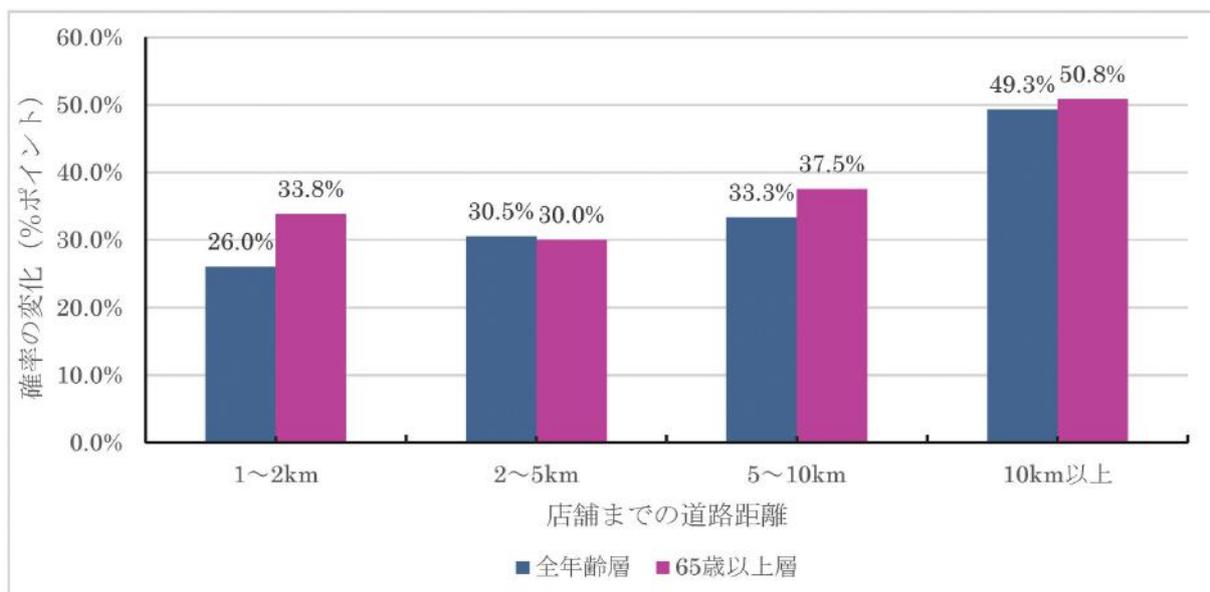


図 1：食料品の買い物が不便と考える人の割合（農水省,2011 より引用）

結ぶ道路距離の場合は、その経路は複数存在するのが一般的であり、GISを使うにせよ、最短経路を探索するプログラムとデータを準備する必要がある。道路ネットワークは高価であるだけでなく、計算対象の経路の数は膨大になる傾向にあり、容易な方法とはいえない。

しかしながら、直線距離と道路距離には正の比例関係があることがよく知られており、後で述べる道直比などのパラメータを正しく設定することができるならば、直線距離を基準として分析しても、分析結果に大きな違いがないと考えられる。この事実も、直線距離による調査研究が一般的である理由となっている。

直線距離と道路距離の関係については、東京や茨城を対象とした腰塚(1983)の研究が有名である。森田ら(2014)は、全国112の都市を対象とした調査結果から、多くの都市で、道路距離と直線距離に高い相関があることを実証した。さらに、直線距離を説明変数とし道路距離を目的変数とした線形回帰分析の結果から、回帰係数の値は、都市による違いがあることも示した。

しかし、これらの研究は、高速自動車国道、一般国道、都道府県道、市町村道からなる自動車による移動を基盤とした道路交通網を対象とした分析である。特に買い物弱者を対象とする場合、歩行者道路を対象にしなければならないが、必ずしもそれを考慮した研究とはなっていない^[1]。加えて、札幌、旭川、函館など比較的大きな都市を対象とした調査結果となっている。

以上の問題意識から、本研究では、北海道石狩地方（江別市、北広島市、恵庭市、千歳市）の道路距離と直線距離の関係を調査分析することを目的とした。特に歩行者道路に焦点をあてる。

本論文は以下の構成である。

第2章では、格子状道路を仮定した数学的な分析結果について明らかにする。第3章では、日本の主要都市において、道路距離と直線距離の関係を実証分析した森田ら(2014)の研究結果を明らかにする。第4章は、本研究の分析方法および使用したデータについて明らかにした上で、得られた知見を整理する。第5章は、まとめと今後の課題である。

2. 格子状道路の場合の道直比

議論を単純にするために、まず、図2のように道路が格子状の場合を考える。

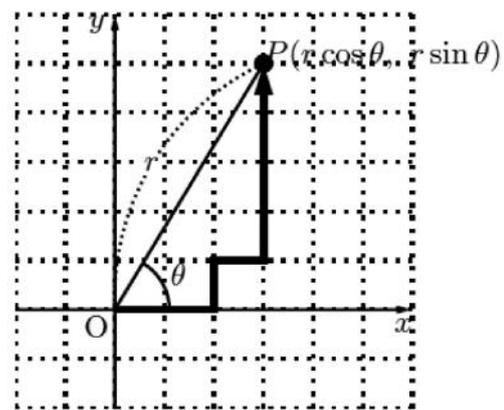


図2：道路格子モデル

原点Oに位置する施設から、直線距離 r の点Pは、 x 軸とのなす角 θ ^[2]を使うと、 $(r \cos \theta, r \sin \theta)$ と表現できる。従って、原点Oと点Pとの最短道路距離 L は、次式で表現できる。

$$L = r \cos \theta + r \sin \theta \quad (1)$$

ただし、

$$0 \leq \theta \leq \pi/2 \quad (2)$$

[1] 例えば、自動車の通行不能な階段等は、対象とならない。

[2] 点Pは第一象限とする。ただし、基準軸をどうするかの問題であるので、一般性を失わない。

このとき、直線距離と道路距離の比（以後、道直比 $\rho(\theta)$ ）は、次式で表現できる。

$$\begin{aligned}\rho(\theta) &= L/r \\ &= \cos\theta + \sin\theta \\ &= \sqrt{2} \sin(\theta + \pi/4)\end{aligned}\quad (3)$$

よって、道直比 $\rho(\theta)$ は、角 θ によって、次のように増減する。

表 1：道直比 $\rho(\theta)$ 増減表

θ	0	...	$\pi/4$...	$\pi/2$
$\rho(\theta)$	1	\nearrow	$\sqrt{2}$	\searrow	1

角度 θ は、原点 O に対する点 P の位置関係によって決まるが、これを一様分布と考えると、定義域 $0 \leq \theta \leq \pi/2$ において、

次のように密度関数を定義できる。

$$f(\theta) = 2/\pi, 0 \leq \theta \leq \pi/2 \quad (4)$$

$$\begin{aligned}E[\rho(\theta)] &= \int_0^{\pi/2} \frac{2}{\pi} \cdot \sqrt{2} \sin\left(\theta + \frac{\pi}{4}\right) d\theta \\ &= \left[\frac{-2\sqrt{2}}{\pi} \cos\left(\theta + \frac{\pi}{4}\right) \right]_0^{\pi/2} \\ &= \frac{4}{\pi} \approx 1.27324 \dots\end{aligned}\quad (5)$$

このとき、道直比 $\rho(\theta)$ の期待値 $E[\rho(\theta)]$ は、(5)式より $4/\pi \approx 1.27 \dots$ となる。道路距離が、直線距離の 1.3 倍弱となる結果は、後で述べる実証実験の結果と比べても、合理的であることがわかる。

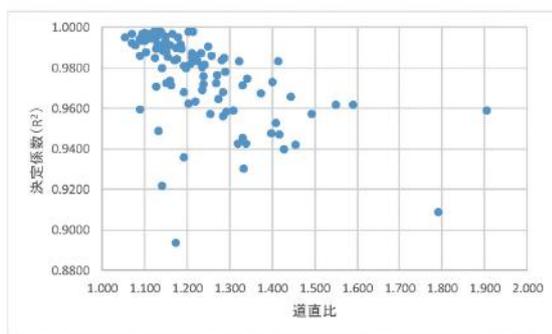
3. 森田・鈴木・奥貫(2014)の実証分析

前章で取り上げられた理論モデルに対し、

腰塚(1983)は、直線距離と道路距離には、正の比例関係にあることを実証データに基づいて示した最初の研究である。この研究では、都市内(東京 23 区)での道直比は約 1.3、都市間(茨城県)では約 1.21 となることを明らかにしている。さらに、森田・鈴木・奥貫(2014)は、全国 112 の都市について実証分析を行っている。その調査結果は、表 2 の通りである。ここで、係数は、道路距離を目的変数、直線距離を説明変数とし、切片を 0 とした直線回帰分析した時の直線距離の係数、 R^2 は、決定係数である。都市によって、回帰係数が異なるものの、決定係数は総じて高い。決定係数が低い都市は、道路密度に偏りがある都市である。一宮市のように道路密度が市内で一定である都市では、決定係数が高いが、静岡市のように道路密度の偏りが大きい都市の決定係数は低い。道直比・係数には、都市によるばらつきが大きい。一般に、道直比が小さい都市ほど、決定係数は高い傾向がある。図 3 は、決定係数と回帰係数の関係を散布図に表したものである。相関係数($r = -0.756$)となり、負の相関があることがわかる。道直比が、1.3 未満の都市では、決定係数が高く、直線距離の代用として道路距離を使う場合、信頼性が高い結果を得ることが期待できる。一方、道直比が大きい都市や、市内で、道路密度に偏りのある都市では、直線距離の代用として、道路距離を使うためには注意が必要である。

表 2：各都市の道直比(森田他, 2014)を筆者
抜粋整理

道直比が高い都市				道直比が低い都市			
市	道直比	係数	R ²	市	道直比	係数	R ²
沼津市	1.905	1.802	0.959	一宮市	1.100	1.126	0.997
静岡市	1.792	1.924	0.909	宇都宮市	1.099	1.167	0.994
呉市	1.590	1.673	0.962	越谷市	1.096	1.154	0.997
高槻市	1.549	1.402	0.962	八王子市	1.090	1.301	0.956
甲府市	1.492	1.538	0.958	久留米市	1.090	1.180	0.986
盛岡市	1.455	1.621	0.942	明石市	1.089	1.146	0.993
長野市	1.444	1.473	0.966	春日井市	1.088	1.145	0.995
富山市	1.428	1.447	0.940	相模原市	1.079	1.242	0.991
札幌市	1.417	1.405	0.947	所沢市	1.070	1.163	0.992
長崎市	1.415	1.471	0.983	大和市	1.070	1.129	0.997
函館市	1.408	1.542	0.953	町田市	1.055	1.134	0.995

図 3：道直比と決定係数の関係
森田他(2014)より筆者作成

4. 石狩地区の道直比分析

森田ら(2014)の研究成果を踏まえ、本研究では、北海道石狩地方(江別市, 北広島市, 恵庭市, 千歳市)における道路距離と直線距離の関係を分析した。比較的類似規模である札幌周辺の中堅都市で比較しやすいためである。表 3 は対象都市の人口(平成 22 年度国勢調査)と面積である。

表 3：都市別人口, 面積

都市	人口(千人)	面積(km ²)
江別市	124	187
北広島市	60	119
恵庭市	69	295
千歳市	94	595
※札幌市	1,914	1,121

森田ら(2014)の研究では、道路ネットワークデータを活用した研究成果であるが、

本研究で対象とした当該地区の道路ネットワークデータは高価であり、入手困難であった。また、森田ら(2014)の研究は、自動車道を基盤とした道路交通網全般を対象としているのに対し、本研究では、近距離かつ、歩行者専用道路も含めた道路交通網を対象とした。これが本研究の特筆すべき特徴の一つである。

フードデザート問題、買い物弱者は、近隣の商業施設や公共交通機関の交通網が衰退することによって、自家用車を持たない住民に発生するアクセシビリティ問題と考えられ、この問題を対象とするためには、自動車用道路の分析では不十分であり、歩行者用道路交通網の分析に焦点を当てるべきである。

しかしながら、歩行者用道路も含めた道路ネットワークデータを保持していない環境では、森田ら(2014)の方法を使うことができず、歩行者用道路交通網全体を、調査分析することは困難であった。例えば、任意の住民位置から、多数存在する商業施設までの経路の数は膨大であり、全体を調査することができない。

そこで、本研究は、歩行者道路交通網全体の分析をするのではなく、小学校通学路をサンプリングし、分析する方法を提案する。小学校は、商業施設に比べて数が少なく、しかも、地域の中でバランスよく配置されている。しかも、住民の位置が決まれば、小学校校区により、そこから通う小学校の位置が特定されるため、対象となる経路の組み合わせを劇的に減少させることができる。

なお、通学路を対象としたのは、徒歩圏距離分析を目的とするためである。本調査結果から、各都市の小学校に関するアクセシビリティの特徴の一部が明らかになったが、本研究の対象外であるため、この論文では議論しない。

4-1 使用したデータと実験方法

使用したデータは以下の通りである。QGIS 2.18.10 の背景図として、Google Map や、Google Satellite を利用し、これらをトレースして、歩行者専用道路も含む通学路を GIS 上のデータとして整備した点の特徴である。利用したソフトウェアおよびデータはいずれもフリーウェアである。街区代表点を利用したこと、校区小学校を分析対象に限定したことで、市内道路ネットワークを網羅的に分析対象とした森田らの方法と異なり、低コストで分析対象地区における歩行者用道路も含めた道路ネットワーク分析が可能となった。

以上のデータを使い、以下の方法で調査実験を実施した。

- ① 総務省 eStat の国勢調査データから、街区代表点をポイントデータとしたレイヤーを作成する（図 4）。

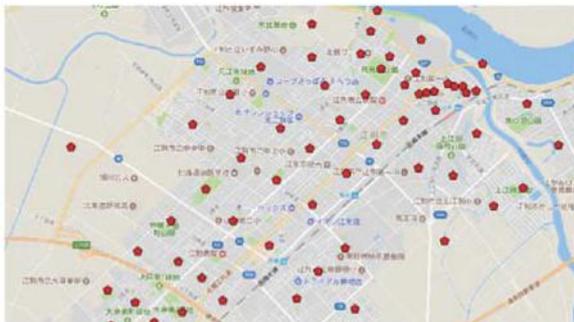


図 4：江別市街区代表点

- ② 国交省国土数値情報ダウンロードサービスから小学校位置をポイントデータとしたレイヤーを作成する。さらに、各小学校の校区情報をポリゴンデータとしたレイヤーを作成し、街区代表点の校区小学校を特定する（図 5）。

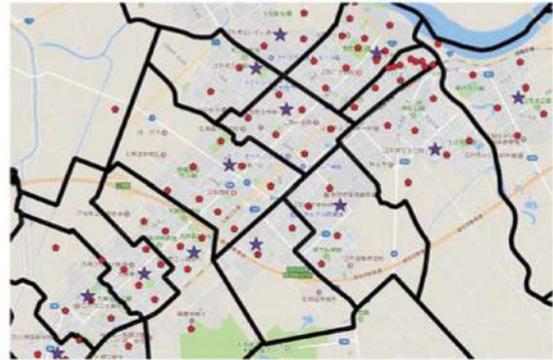


図 5：小学校位置と校区（江別）

- ③ 背景図の Google Map をトレースし、各都市の街区代表点から校区小学校までの通学路を GIS データとして作成する（図 6）。このとき、決められた校門を通るように通学路を生成することにする。この通学路は、先行研究との比較容易性から、最短経路かつ、通学路として合理性の高い経路を採用した。必ずしも、小学校指定の通学路となる保証はない。GIS を活用して、その距離を計測した。
- ④ 街区代表点のポイント座標、小学校位置のポイント座標から、直線距離を算出する。
- ⑤ 道路距離を目的変数、直線距離を説明変数とした直線回帰分析を実施する。

今回対象とした都市の街区数と小学校数は、表 4 の通りである。街区の代表点から、校区小学校は決まるため、作成した通学路は、街区数に等しい。ただし、山間部や人口が 0 の街区など、明らかに居住者がいないと思われる街区代表点からの通学路は除外した。この方法で分析する通学路は、最大で千歳の 272、最小で江別の 97 に限定できるため、手作業で分析することができた。

表 4：各都市の街区数と小学校数

都市	街区数	小学校数
江別	97	18
北広島	212	8
恵庭	148	8
千歳	272	16

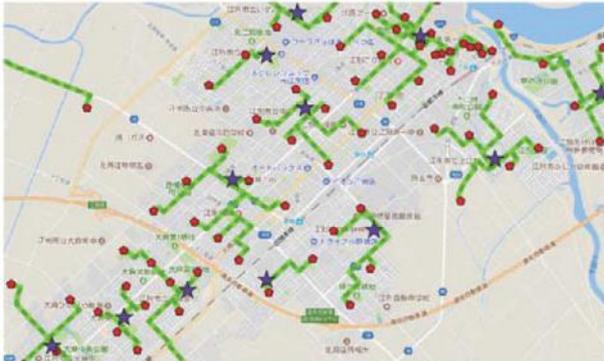


図 6：小学校までの通学路（江別）

4-2 線形回帰分析とその結果

上記の手法によって、道路距離と直線距離を算出し、直線回帰分析を行った（図 7～図 10、および表 5）。さらに、分析結果を各都市の小学校別に集計した（表 6～表 9）。図 11 は、調査対象の各小学校の道直比と決定係数の関係を散布図で図示したものである。

その結果、以下のことが分かった。第一に、提案手法を使った分析においても、道路距離と直線距離の線形関係を確認することができた。決定係数も、総じて高い。y 切片を 0 とする計算モデルでも、y 切片を算出するモデルにおいても、同様に高い。第二に、分析対象都市では、総じて道直比は高く、森田らの研究成果による札幌市と類似の結果になることがわかった。第三に、この 4 都市の中で相対的に道直比の低い恵庭市の決定係数が最も高く、道直比の最も高い江別市の決定係数が最も低い結果となった。図 11 より、対象小学校全体からも、その傾向が読み取れる。第四に、各小学校校区分析の結果から、各都市の中でも地域によって、道直比（係数）の値に差異が見

られる。これは道路密度の偏りが影響していると考えられ、決定係数が低くなる要因と考えられる。これらは森田らの知見と合致する結果である。以上の結果から、歩行者用道路網のサンプリング対象として、小学校通学路を利用したことの合理性の一端を読み取れる。

一方で、森田らの研究成果からは分からない知見を得ることができた。

第一に、同一市内であっても、道直比や係数の値は差異が大きい。特に y 切片を含めた回帰分析をした場合、その値は無視できない大きさとなっている。

第二に、分析した都市では、道直比は、線形回帰式の直線距離の係数よりも高い結果となった。森田らの研究成果のうち、道直比が回帰係数 (y 切片が 0) よりも高い都市は、112 都市のうち、札幌、旭川、川口、沼津、高槻の 5 都市だけである。本研究では徒歩圏を分析対象とした。入り口（学校の場合は校門）が決められているため、直線距離とは関係なく、移動が必要な距離があるため、y 切片が一定以上の大きさになることが影響している可能性がある。

5. まとめと今後の課題

本研究では、北海道石狩地区について、直線距離と道路距離の関係について実証分析した。特に、フードデザートや買い物弱者問題を分析するための基礎データとするため、徒歩圏となる近距離に焦点をあてた。

高価な道路ネットワークデータを入手できないため、街区代表点と校区小学校までの距離について調査分析した結果、全国の 112 都市について調査した森田ら(2014)の研究成果と同様の結果に加え、調査都市の特徴的知見を得ることができた。石狩地区の場合、道直比は、道路格子モデルの期待値(約 1.3)より大きくなり、その値は回帰分析した場合の回帰係数より大きい。これが

分析方法の違いによるものか、それとも、北海道石狩地区の道路構造によるものなのかについては、もう少し、詳細に分析する必要がある。

通学路分析を活用することで、道路ネットワークデータを利用することなく、一定の知見を得ることが出来た点は特筆すべき結果である。しかしながら、サンプルの有効性を検討するためには、通学路が歩行者用道路を含めた道路ネットワーク全体を代表するか否かについて、検討する必要がある。さらに、背景図をトレースする手法では、扱うことができるデータ量に限界がある。現在は、Open Street Map (OSM) から、道路データを手し、QGIS の Routes and Zones アドインを活用して、最短経路を探索する手法(図 12)を試しているところである。OSM は道路地図などの地理情報データを誰でも利用できるよう、フリーの地理情報データを作成することを目的としたプロジェクトである。Wikipedia のように、ボランティアユーザがデータを更新し、地図を充実させる仕組みである。無料ではあるが、地図データの充実度や信頼性は、高価な道路ネットワークデータと比べると、かなり劣る。データの補完は、本研究で採用したトレースに比べると作業量が少ないものの、分析対象都市を広げるためには、更なる工夫が必要である。

また、都市間および都市内における道直比の差異から、買い物弱者推定のように、道路距離が重要な要素となる場合には、直線距離に基づいた分析が、必ずしも、実態を表さないリスクがあることが明らかになった。この課題に対して、どのような補正が有効になるかについては、今後の研究課題である。

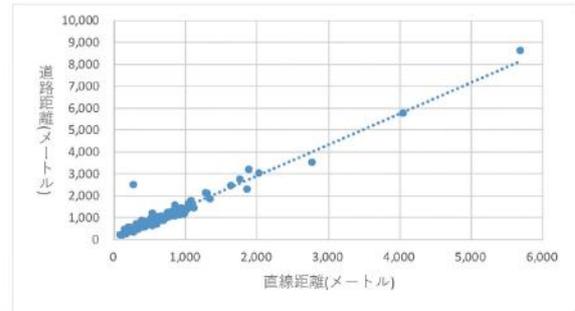


図 7：直線距離と道路距離の関係（江別市）

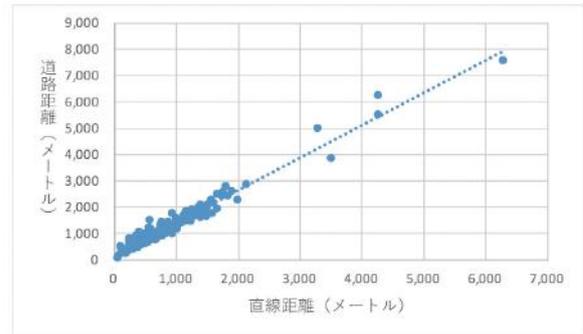


図 8：直線距離と道路距離の関係（北広島市）

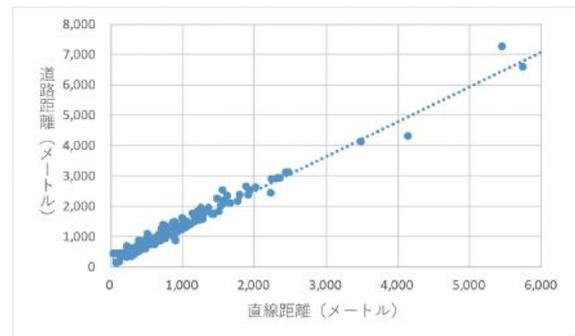


図 9：直線距離と道路距離の関係（恵庭市）

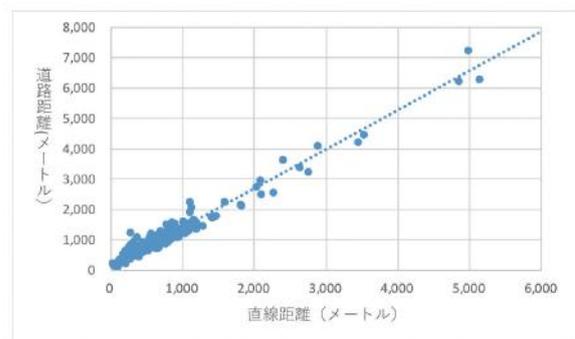


図 10：直線距離と道路距離の関係（千歳市）

表 5：都市別回帰分析結果
(上段：y 切片あり，下段：y 切片 0)

都市名	道直比	回帰式	R ²
江別	1.497	$y = 1.4224x + 56.421$	0.946
		$y = 1.4596x$	0.945
北広島	1.434	$y = 1.2368x + 165.26$	0.960
		$y = 1.3531x$	0.946
恵庭	1.341	$y = 1.1474x + 200.25$	0.991
		$y = 1.2122x$	0.981
千歳	1.428	$y = 1.2901x + 117.56$	0.956
		$y = 1.3434x$	0.951

表 6：小学校別分析結果（江別市）

小学校名	街区数	平均道路距離	平均直線距離	道直比	決定係数	X係数	Y切片
江別第一小学校	22	936.4	619.6	1.511	0.922	1.249	162.2
江別第二小学校	8	1,089.5	725.1	1.503	0.770	1.199	220.2
豊橋小学校	4	734.7	527.2	1.394	0.996	1.343	26.8
江別太小学校	8	1,261.0	841.6	1.498	0.890	1.209	243.2
大麻小学校	5	698.6	545.0	1.282	0.935	1.057	122.7
対雁小学校	2	733.3	572.6	1.281	1.000	1.146	77.2
野幌小学校	2	2,871.3	1,898.3	1.513	1.000	1.135	716.7
角山小学校	1	2,115.8	1,288.0	1.643	—	—	—
東野幌小学校	4	962.2	607.2	1.585	0.924	1.579	3.3
大麻東小学校	5	517.6	356.8	1.451	0.879	1.424	9.6
大麻西小学校	4	479.4	349.7	1.371	0.910	1.267	36.3
中央小学校	6	747.3	548.9	1.362	0.985	1.269	50.8
大麻泉小学校	7	1,085.2	573.6	1.892	0.034	0.886	576.9
野幌若葉小学校	2	546.6	419.2	1.304	1.000	1.212	38.3
北光小学校	4	5,254.4	3,606.7	1.457	0.943	1.493	-129.8
文京台小学校	3	803.4	655.8	1.225	0.999	0.998	149.0
いずみ野小学校	4	1,070.2	658.0	1.627	0.863	1.168	301.8
上江別小学校	6	1,001.9	626.7	1.599	0.827	1.334	166.2
合計	97	1,138.2	760.5	1.497	0.946	1.422	56.4

表 7：小学校別分析結果（北広島市）

小学校名	街区数	平均道路距離	平均直線距離	道直比	決定係数	X係数	Y切片
東部	48	1,349.7	934.5	1.44	0.893	1.182	245.2
西部	15	1,323.7	922.7	1.43	0.959	1.434	0.9
西の里	20	1,798.5	1,184.4	1.52	0.851	1.203	373.9
大曲	32	1,427.2	1,050.4	1.36	0.984	1.170	198.2
双葉	29	911.4	636.6	1.43	0.904	1.263	107.1
緑ヶ丘	35	875.7	588.7	1.49	0.867	1.153	197.1
北の台	14	1,074.2	776.9	1.38	0.923	1.156	175.8
大曲東	19	855.5	612.5	1.40	0.944	1.229	102.8
合計	212	1,201.2	837.6	1.43	0.960	1.237	165.3

表 8：小学校別分析結果（恵庭市）

小学校名	街区数	平均道路距離	平均直線距離	道直比	決定係数	X係数	Y切片
恵庭小学校	30	1,267.0	907.5	1.40	0.9540	1.1768	199.0342
柏小学校	22	1,791.1	1,382.9	1.30	0.9979	1.1349	221.7234
島松小学校	22	1,791.9	1,433.4	1.25	0.9799	1.1487	145.3644
和光小学校	24	1,268.8	898.3	1.41	0.9267	1.3230	80.3714
松恵小学校	5	3,297.6	2,749.8	1.20	0.9275	1.2532	-148.4096
若草小学校	19	1,208.7	818.5	1.48	0.9079	1.1787	243.9637
恵み野小学校	12	727.0	504.4	1.44	0.6636	1.0238	210.6331
恵み野旭小学校	14	694.1	492.8	1.41	0.8459	1.0597	171.8623
合計	148	1,386.4	1,033.7	1.34	0.9906	1.1474	200.2524

表 9：小学校別分析結果（恵庭市）

小学校名	街区数	平均道路距離	平均直線距離	道直比	決定係数	X係数	Y切片
支笏湖小学校	3	6,726.8	5,223.9	1.29	0.8660	1.2289	306.8965
泉沢小学校	15	781.1	548.4	1.42	0.9702	1.3136	60.6518
北陽小学校	26	1,366.1	962.0	1.42	0.9848	1.2624	151.7286
向陽台小学校	16	1,072.3	655.3	1.64	0.3777	1.0776	366.2497
桜木小学校	16	836.9	602.9	1.39	0.8801	1.1143	165.0338
高台小学校	16	910.8	694.2	1.31	0.9206	1.0912	153.2720
信濃小学校	10	759.5	465.3	1.63	0.8162	1.3545	129.2470
日の出小学校	33	1,116.0	795.9	1.40	0.8955	1.3536	38.6589
千歳小学校	30	863.6	599.4	1.44	0.8598	1.1604	168.0317
栗小学校	4	5,001.1	3,299.0	1.52	0.8792	2.8283	-4,329.3643
駒里小学校	2	3,829.5	2,619.7	1.46	1.0000	1.4344	71.7498
千歳第二小学校	16	2,160.5	1,665.9	1.30	0.9976	1.2159	135.0107
緑小学校	29	1,230.8	901.0	1.37	0.9539	1.1836	164.3845
末広小学校	20	971.5	605.4	1.60	0.6485	1.4967	65.4052
北栄小学校	23	858.6	591.2	1.45	0.8680	1.4666	-8.4462
祝徳小学校	13	889.5	478.1	1.86	0.7896	1.5102	167.4298
合計	272	1,218.9	853.6	1.43	0.9556	1.2901	117.5620

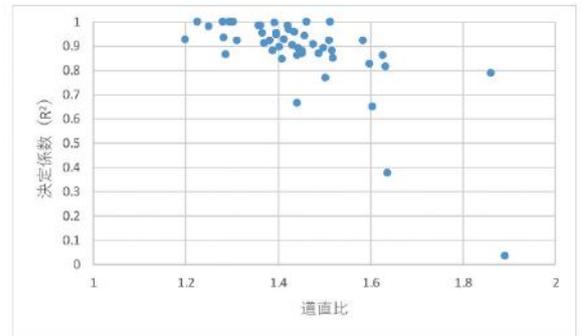


図 11：道直比と決定係数の関係（石狩地区）

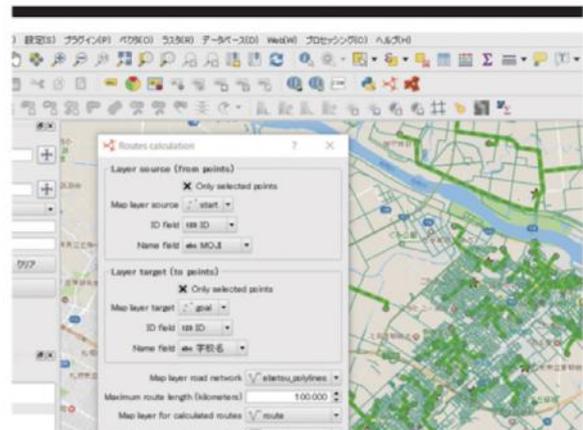


図 12：QGISによるOSMを活用した分析

参考文献

- [1] 国土交通省(2017), 「国土数値情報 ダウンロードサービス」,
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>, 2017年9月12日確認。
- [2] 腰塚武志(1983) 「道路距離と直線距離」, 『第18回日本都市計画学会学術研究発表会論文集』,
<http://ci.nii.ac.jp/naid/10007132294/>。
- [3] 総務省(2017) 「政府統計の総合窓口(e-Stat)」, <https://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/eStatTopPortal.do>, 2017年9月12日確認。
- [4] 農水省(2011) 「高齢者等の食料品へのアクセス状況に関する現状分析」
http://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/kihyo01/pdf/110802_1.pdf (2017/11/12 確認)。
- [5] 向原強・藤本直樹(2017) 「メッシュ統計を活用した買い物弱者人口の簡易推計モデルの提案」, 日本情報経営学会誌, 37巻3号掲載予定。
- [6] 向原強・藤本直樹(2017) 「北海道石狩地方における道路距離と直線距離の関係に関する分析」, 日本情報経営学会第75回全国大会 予稿集。
- [7] 森田匡俊・鈴木克哉・奥貫圭一(2014) 「日本の主要都市における直線距離と道路距離との比に関する実証的研究」, 『GIS-理論と応用』, 第22巻, 第1号, pp.1-7,
<http://ci.nii.ac.jp/naid/40020345888/>。
- [8] 薬師寺哲郎・高橋克也(2012) 「生鮮食品販売店舗への距離に応じた人口の推計ー国勢調査と商業統計のメッシュ統計を利用してー」, 『GISー理論と応用』, Vol. 20, No. 1, pp.31-37。

謝辞

本論文を執筆するに当たり、北海道大学関口恭毅名誉教授、札幌大学八鍬幸信教授、北海学園大学上田雅幸准教授、北海道情報大学酒井雅裕准教授、徳山大学前田瞬専任講師、SOC(株)鮑金源氏、さらには、札幌市立大学原俊彦教授、ESRI ジャパン(株)福田潤氏をはじめ、HARA 塾のメンバーから有益なコメントをいただいた。記して謝意を表す。