

ガソリンスタンドの停止と復旧に伴うアクセシビリティ変化の分析

東日本大震災被災地から岩手県と宮城県を分析対象にして

ANALYSIS OF CHANGES IN ACCESSIBILITY TO GAS STATIONS DUE TO THEIR SUSPENSION AND RESTORATION

A case study in Iwate and Miyagi prefectures damaged by Great East Japan Earthquake

讃岐 亮*, 鈴木達也**, 吉川 徹***

Ryo SANUKI, Tatsuya SUZUKI and Tohru YOSHIKAWA

The purpose of this study is to analyze the change in accessibility of the residents to gas stations in Iwate and Miyagi prefectures damaged by Great East Japan Earthquake, and to evaluate the effect of temporary small gas stations establishment. Road distances between the residents and gas stations were calculated on GIS network analysis. The results shows the disadvantage of areas in deeply indented coastline in terms of accessibility and its degradation after the earthquake, and also shows the effect of the temporary small gas stations establishment.

Keywords : Temporary Small Gas Station, Tohoku District, Coast, GIS, Network Analysis, Road Distance

仮設ミニ SS, 東北地方, 沿岸部, 地理情報システム, ネットワーク解析, 道路距離

1. はじめに

本論文は、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震に伴う津波被害を受けた岩手県と宮城県沿岸部における、ガソリンスタンド（以下SSと呼ぶ）の消失・営業停止とその復旧を、アクセシビリティの観点から捉え分析するものである。

1.1 研究の背景と目的

東北地方太平洋沖地震では、揺れによる被害もさることながら、津波による被害が甚大であったことは記憶に新しい。非常事態の中で、地方では常時生活の足としてかかせない自動車の燃料供給不足が深刻化するのみならず、特に甚大な津波被害を受けた東北沿岸部の住宅、地域施設の流失は地域構造を劇的に変化させた。特に燃料を供給する拠点であるSSそのものが消失し、その後の地域住民や支援者の行動に大きな制約がかかった。物資や人の移動のため、非常にこそガソリンは不可欠であり、その供給拠点の確保・復旧が急がれる中で、時限的措置として仮設ミニSSの設置もなされた¹⁾。

岩手・宮城両県の沿岸部は、大きく2つの特性の異なる地域に分けられよう。岩手県と宮城県北部の沿岸部はリアス式海岸の地形特性を有し、道路の屈曲は岩手県内陸山間部の様相と類似している。一方、宮城県の石巻市以南の沿岸部には平野が広がる。こうした両地域において、被災地の生活利便性の回復過程という観点から、SSの復旧に伴うアクセシビリティ変化を把握することは、他地域にお

ける今後の発災後の救援と復興に有益な記録になると考えられる。また、こうした地形特性の差異による元来のSSのアクセシビリティの差異、及びSSの停止や復旧過程のアクセシビリティの回復の差異を検証することによって得られた教訓は、東日本大震災被災地の復興や、近い将来に大地震が想定される他地域における事前対応型街づくり²⁾の検討の中で、地域施設配置施策に資する知見として生かされると期待できる。

以上の背景に鑑みて、本研究では、震災に伴うSSの消失・機能停止とその後の復旧が、地域住民のSSへのアクセシビリティにどのような影響・変化をもたらしたのか把握することを目的とする。さらに、陸前高田市を中心として展開された仮設ミニSS設置施策について、アクセシビリティの観点からその効果を検証する。

1.2 研究の位置づけ

地域施設の立地をアクセシビリティの観点から評価分析した研究は数多くあるが^{3), 4), 5)}、SSのアクセシビリティに着目して分析した研究は少ない。一例として、様々な地域施設の中にSSを加え、地域施設の立地と人口密度分布の関係を分析した貞広の研究⁶⁾が挙げられる。そこでは、SSの立地は、広域的には人口分布に比例するとしている。資源エネルギー庁「H21年度SS過疎化調査事業」調査報告書⁷⁾では、北海道におけるSSの立地を地域住民のSSへのアクセシビリティの観点から現状評価している。讃岐・吉川⁸⁾はアクセシビリテ

* 首都大学東京大学院都市環境科学研究科建築学域 特任助教・博士(工学)

** 首都大学東京大学院都市環境科学研究科建築学域 博士前期課程

*** 首都大学東京大学院都市環境科学研究科建築学域 教授・博士(工学)

Research Assistant Prof., Department of Architecture and Building Engineering, Tokyo Metropolitan University, Dr. Eng.

Master's Course in Architecture and Building Engineering, Tokyo Metropolitan University

Prof., Department of Architecture and Building Engineering, Tokyo Metropolitan University, Dr. Eng.

この観点から岩手県内陸部のSSの立地を分析するとともに、SS撤退時の影響を距離増加等の観点から評価した。

また、震災等の非常時におけるSSの位置づけについて論じた研究は以下のものである。上田・大西⁹⁾は、給油所の立地や防火能力に着目すると災害時の帰宅困難者等の短期的な生活拠点になり得るという立場から、阪神淡路大震災で被災したSSに対するヒアリング等を行い、SSを評価している。岡部¹⁰⁾は、強固に建設され適度に分散配置されている給油所が、阪神淡路大震災の中で被害が軽微であったことから、災害時に重要なエネルギー供給拠点となるとして、太陽光発電システム等を完備した防災対応給油所(ライフスポットSS)の重要性を指摘している。堀川・熊谷¹¹⁾は、災害時の燃料供給や被災住民支援の施設としての活用という観点から、主成分分析によりSSを評価している。

以上のように、平時におけるSSのアクセシビリティの分析や、非常時のSSの役割を論じた研究・報告¹²⁾はなされているが、災害時等、非常時に死活問題ともなり得るSSへのアクセシビリティを実証的に分析した研究は見当たらない。本研究はその点について分析を行うものである。

2. 研究の概要

2.1 本論文の構成

本論文は、大きく3部構成とする。第3章では、県レベルの広域を対象として、SSのアクセシビリティについて震災前と震災1年後の比較、地域毎の比較を行う。続いて第4章では、市区町村レベルの狭域を対象として、より細かな時間の区切りを設定しつつ、避難所・仮設住宅への人口移動も加味しながら詳細にアクセシビリティの推移を分析する。更に第5章において、仮設ミニSSの立地を、アクセシビリティの観点から評価する。

2.2 対象地域

本研究は岩手県と宮城県全域を対象地域とする。第3章の広域分析においては、岩手県と宮城県全域において分析を行う。1章で指摘した対象地域の特性を踏まえ、沿岸市区町村¹³⁾を、南三陸町以北の「北部沿岸地域(以下、北沿岸と呼ぶ)」と石巻市以南の「南部沿岸地域(南沿岸と呼ぶ)」とに分け、それ以外の地域を「内陸」とし、計3地域の分類とする(図1)。続く第4章では、岩手県陸前高田市と宮城県本吉郡南三陸町に分析対象範囲を絞る。第5章では、2市町のうち被災者への給油も行う仮設ミニSSが設置された陸前高田市において分析を行う。

2.3 使用データ

人口データは、研究開始時に入手可能であった平成17年度国勢調査より、小地域集計と基本単位区集計、建物ポリゴンへの人口按分データを使い分けた。その詳細は各章で述べる。なお自動車の燃料供給という観点から、幼年人口を除外し、15歳以上の人口の集計によって分析することとする。

SSデータは、国土数値情報「燃料給油所」のうち、「SS(ガソリンスタンド)」を用いる。このデータを基に、震災による被災状況や建物被害状況、復旧情報を記したWeb情報により震災後の営業停止や復旧の情報を付加した。具体的には、ArcGISを用いて谷¹⁴⁾による浸水区域と重なるSSを一旦除去し、震災後の復旧情報があるSSについては復旧させる手法をとった。

道路については、平成14年数値地図25000の道路中心線データの幅員3m以上道路を基に、2011年1月時点の道路整備状況を踏まえて加筆修正した2011年作成のデータを、震災前の道路ネットワークとして用いる。ただし、高速道路は除外した。

震災後の道路については、正確な道路通行可否の情報取得が困難であり、道路閉塞は早期に解消されたことを踏まえて、落橋の情報¹⁵⁾のみを反映してデータを作成した。具体的には、震災3か月後の6月11日までは、第4章の狭域分析に影響する範囲の南三陸町歌津大橋、気仙沼市今泉大橋、陸前高田市気仙大橋、

同市姉齒橋の落橋を、半年後以降は歌津大橋と姉齒橋の落橋を反映している。歌津大橋については近くの並行する道路が迂回路として利用可能であったため影響は小さかったが、他の落橋は、迂回路が遠回りを要する道路となり、応急工事車両通行や傷病者搬送を始めとしてあらゆる交通行動の大きな制約となった。

これらのデータを用い、GISのネットワーク解析によって各人口代表点から最近隣のSS(1st-SSと呼ぶ)までの道路距離、2番目に近いSS(2nd-SSと呼ぶ)までの道路距離を計測する。

3. 広域分析

本章では、震災前と震災1年後のSSのアクセシビリティを比較し、地域構造がどのように変化したか検証を行う。

3.1 広域人口分布の推定

(1) 震災前の人口

本章では、平成17年度国勢調査の基本単位区集計を使用する。この集計では年齢別人口が表されていないので、同調査の小地域集計を用い、小地域毎の年齢3区分(幼年人口:15歳未満、生産年齢人口:15~64歳、老年人口:65歳以上)の人口比に従って基本単位区集計の各代表点の人口を比例配分した。なお、秘匿地域を含め対象地域の年齢不詳者については、県毎の年齢3区分人口比に従って配分した。

(2) 震災1年後の人口(図2)

谷¹⁴⁾による沿岸市区町村の死亡者・行方不明者率地図と津波浸水区域図を参照し、以下の通りに作成した。

まず、死亡者・行方不明者率(以下、死亡不明率)、死亡率(以下、死亡率)、65歳以上死亡率率が示される地域については、65歳以上死亡不明率を、65歳以上死亡率

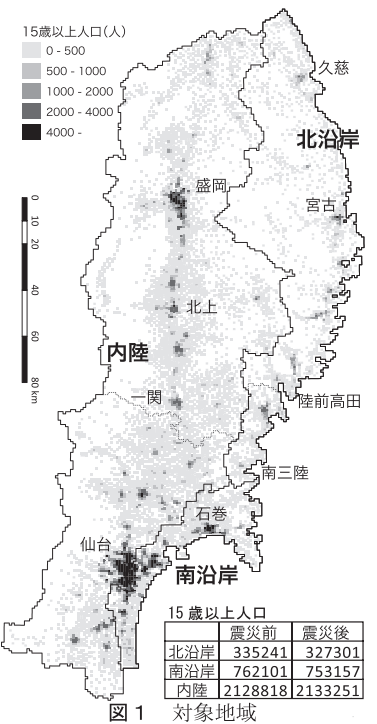


図1 対象地域

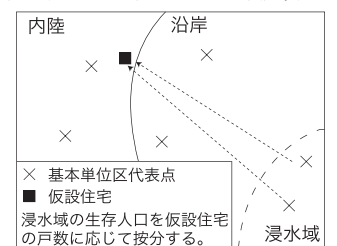


図2 震災後の人口移動

に死亡不明率と死亡率の比を掛けることで推定した。さらに、15～64歳死亡者・行方不明者数を、死亡不明率から求めた15歳以上死亡者・行方不明者数から、65歳以上死亡不明率から推定した65歳以上死亡者・行方不明者数を引いて推定することによって、15～64歳死亡不明率を推定した。

次に、沿岸市区町村に属する基本単位区について、津波浸水区域にかかるか否かに関わらず、死亡不明率を乗じて算出される死亡・行方不明者数を一律に減じた。その上で、代表点が津波浸水区域図に含まれる基本単位区の人口について県毎に集計し、全員が震災後に仮設住宅^{16),17)}に入居したと仮定し、それらの人口を2012.3.11の仮設住宅の住戸数に比例配分して仮設住宅人口と仮定した。仮設住宅の多くは沿岸部に位置するが、一部は内陸にも設置されており、これらも入居対象とした。

以上の操作を経た結果、人口データとして次のものを用いることになる。内陸はH17国勢調査基本単位区代表点とその人口を用いる。北沿岸と南沿岸のうち、代表点が津波浸水区域に含まれない基本単位区は、代表点はそのままとし、死亡不明率に沿って減じた人口を用いる。代表点が津波浸水区域に含まれる基本単位区は、代表点を仮設住宅位置に移動し、死亡不明率に沿って減じた人口を用いる。

なお、岩手県、宮城県という広域を対象とするとき仮設住宅への入居と地域内外への転出入相互を併せた人口分布の再設定は困難で

あるため、本章では震災後の転出入を反映させない。地域毎に2010年度国勢調査人口と2011年転出超過数¹⁸⁾の比率から求めた単純集計に従えば、以下の分析における人口に関する数値は、転出入後の実態よりも沿岸部では1.9%大きく、内陸では0.6%小さいことに留意する必要がある。

3.2 地図で見るアクセシビリティ

3次地域メッシュ(1kmメッシュ)を単位として人口代表点から1st-SSまでの距離を集計し、その最大値をメッシュ毎に表示した(図3)。震災前は、人口密度の高い市街地ではSSが軒を連ねていたため近距離でSSに到達可能な領域が広がる一方、SSの少ない山間部に長距離移動を強いられる領域が散見される。

震災後には、釜石市の箱崎半島や大船渡市の赤崎半島、石巻市牡鹿半島の一部、東松島市奥松島では震災後に10km以上となり、石巻市北西の雄勝半島では10km以上の領域が拡大している。また、震災前0～5kmから震災後5～10kmとなる領域は、釜石市、大船渡市、気仙沼市、石巻市等で散見される。このように、半島がせり出すリアス式海岸の沿岸地域では、SSのアクセシビリティ低下が目立つ。

3.3 数値で見るアクセシビリティ

震災前の生産年齢人口と老年人口は両県合計で約322.6万人、震災後は約321.4万人で、1.2万人減である。実際には転出超過(両県15歳以上で計1万人弱)もあるが、上記理由によりここに示す数値には反映させていない。

まず表1より震災前後の統計値を地域毎に確認する。1st-SSについては、北沿岸、南沿岸ともに、震災後は平均距離と標準偏差が大きくなり、北沿岸は南沿岸よりも各値が大きい。平均距離を詳細に見ると、北沿岸で震災前1.78km、震災後2.48km、南沿岸でそれぞれ0.96km、1.26kmと、北沿岸は南沿岸の概ね2倍の値となる。2nd-SSでも、その傾向は同様である。内陸では震災前後で変化が見られない。また、南沿岸において最大距離が大きく延びるのも特徴的である。

続いて、距離帯毎の人口を詳しく観察する。図4～6によると、震災前は1st-SSへの距離が1km未満である人口は185.7万人(内訳は北沿岸、南沿岸、内陸の順に53.6万、16.6万、115.5万)であったが、震災後は173.9万人(47.6万、10.5万、115.7万)で、合計11.8万人減少している。10km以上の人口は震災前1.6万人(0.1万、0.4万、1.1万)、震災後2.2万人(0.5万、0.6万、1.1万)と増加している。1～10kmの人口もまた全距離帯で増加している。

次に距離帯毎の累積比率を観察する。北沿岸においては(図4)、震災前で1km未満の人口は49.4%、2km未満73.7%、5km未満92.1%、10km未満98.7%である。転じて震災後は、1km未満の人口は32.2%、2km未満57.1%、5km未満86.5%、10km未満98.2%となり、短距離帯人口が減少していることがわかる。この原因として、津波被害によるSSの消失と、仮設住宅への移動が考えられる。同様に南沿岸を観察すると(図5)、震災前で1km未満の人口は70.4%、2km未満90.6%、5km未満99.1%、10km未満99.9%で、北沿岸よりもアクセシビリティが高い。震災後は、1km未満の人口は63.3%、2km未満85.3%、5km未満96.9%、10km未満99.3%となり、北沿岸よりも短距離帯人口の割合が大きく、かつ減少幅は小さいことがわかる。これは、北沿岸は特有のリアス式海岸に沿って市街地・集落が分布するのに対し、南沿岸は広大な平野の中に市街地・集落が点在するという、2つの地域の地形的特性の大きな差異が要因と推察される。このこ

表1 地域毎の統計値比較表

単位[km]	1st-SS						2nd-SS					
	北沿岸		南沿岸		内陸		北沿岸		南沿岸		内陸	
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
平均距離	1.78	2.48	0.96	1.26	1.46	1.46	2.69	3.81	1.45	1.95	2.04	2.04
標準偏差	2.21	2.50	0.96	1.69	1.65	1.65	2.82	3.31	1.18	2.21	2.04	2.04
最大距離	21.5	21.5	12.4	22.2	21.6	21.6	29.0	29.0	13.2	23.9	31.7	31.7

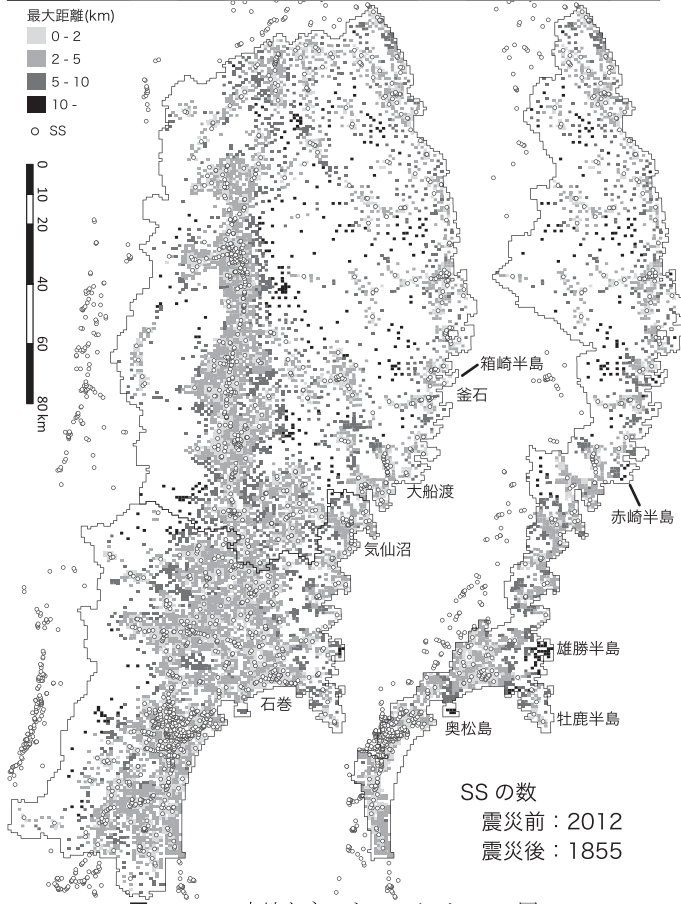


図3 SSの立地とネットワークバッファ図

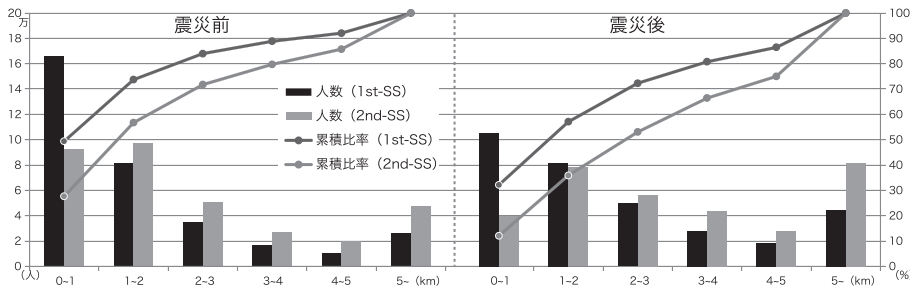


図4 北沿岸における距離帯毎の人口と累積比率

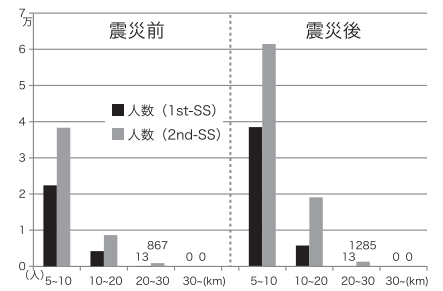


図7 北沿岸の長距離帯人口

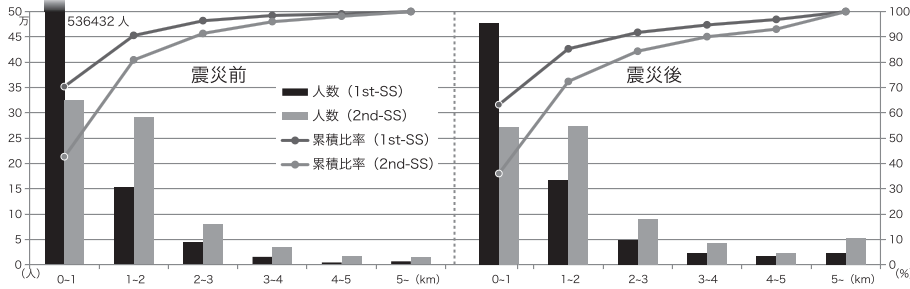


図5 南沿岸における距離帯毎の人口と累積比率

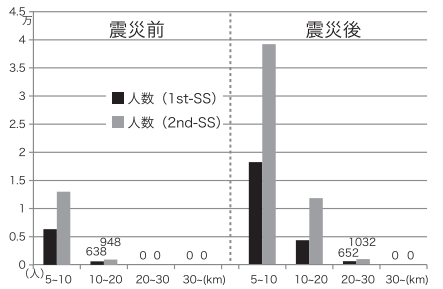


図8 南沿岸の長距離帯人口

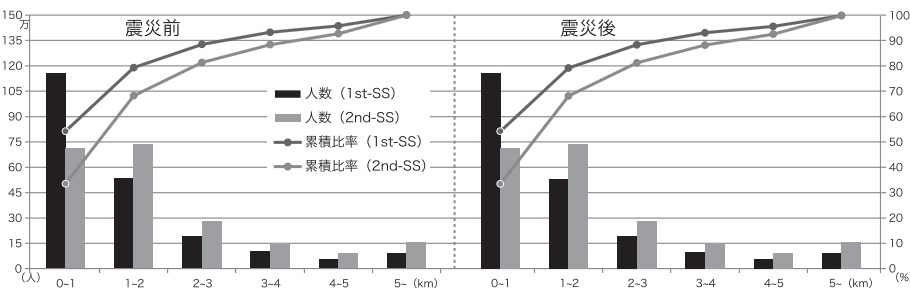


図6 内陸における距離帯毎の人口と累積比率

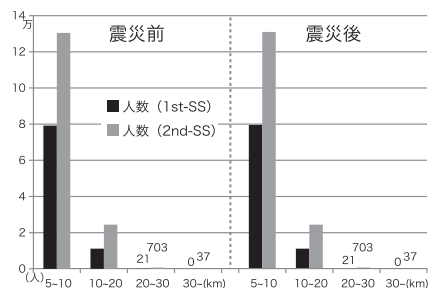


図9 内陸の長距離帯人口

とから、北沿岸は、元来SSのアクセシビリティが低く、さらに災害によるアクセシビリティの低下の影響も受けやすい地形の上に市街地や集落が形成されているといえる。

内陸は(図6)、震災前は北沿岸と南沿岸の中間の値を示し、震災後にもほとんど変化がない。前者の結果は、アクセシビリティの低い山間部から高い市街地までを一括しているため、双方の特徴の平均的な値になったと推察される。後者の震災後の変化がほぼないことは、SSの消失を沿岸地域に限定した本研究の前提に起因する。それでもごく僅かに変化するのは、沿岸部に近く、沿岸部の消失SSを1st-SSとして選ぶ地域のアクセシビリティ変化によるものである。

図4～6では、1st-SSの定期休業やガソリン不足等による臨時休業も想定されるため、各々の住民から見た2nd-SSへの距離も表示した。累積比率の1st-SSと2nd-SSの折れ線の間隔、つまり各距離帯の比率の差を観察すると、北沿岸では震災後に差が大きくなり、1st-SSが停止した場合のアクセシビリティの頑強性が低下しているといえる。南沿岸においても差は大きくなるが、頑強性低下の度合は北沿岸ほどではない。この点にも地域差が表れる。

3.4 長距離移動を強いられる人数

相対的には比率が非常に小さいが、10km以上の長距離移動を強いられる人数は上記の通りであり、その絶対数は無視できないので、本節ではその詳細を確認する。

まず震災前の1st-SSは、北沿岸においては、10～20kmで4200人、20～30kmで13人である(図7)。南沿岸ではそれぞれ631人、0人であり(図8)、地域差がいずれの距離帯でも見られる。内陸では

10～20kmで11143人、20km以上は21人である(図9)。震災後は、北沿岸では、10～20kmで5742人、20～30kmで13人となり震災前との差は小さいが、南沿岸ではそれぞれ4364人、652人であり、震災前との差が大きい。なお内陸に変化はない。

2nd-SSについては、震災前後の比較で、北沿岸で10～20kmの人口が2.2倍、20～30kmの人口が1.5倍になるが、南沿岸ではそれぞれ12.5倍、1031人増(震災前は0であったため倍率は定義できない)になり、ここにも地域差が表れる。

「南沿岸で長距離人口の増加が著しい」現象は、地図との照合により、地形が入り組んだ石巻市東部、及び七ヶ浜町で発生すると特定される。沿岸の平野地帯では長距離帯の増加はなく、北沿岸同様に「入り組んだ地形」が距離増加を激しくする主因であるといえる。

3.5 SSへのガソリン補給頻度低下の影響

SSには燃油供給力の上限があり、非常時のように需要が一挙に高まれば供給が不足するため、施設利用の可否が施設へのアクセシビリティと同様に大きな問題となる。これに関して讃岐ら¹⁹⁾は、施設の供給能力、つまりキャパシティに上限があることを前提に、青森市のSSを対象として、非常時のガソリン需要の同時大量発生を想定した施設利用可能性の分析を行った。しかし、これは発災直後に一回給油することに限定した分析であり、SSへの燃油補給がそれ以降も中期的に不足する状況を想定したシナリオに基づく分析ではなく、他にその分析を行った既往研究は管見では見当たらない。そこで本節では、SSへの補給頻度が中期的に低下するという想定から供給不足に対する考察を行う。

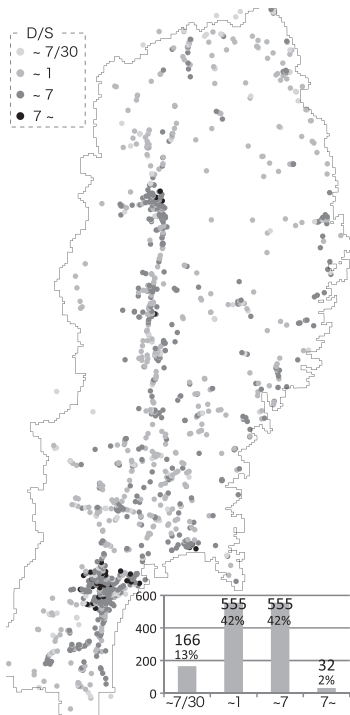


図10 SS毎のD/Sとヒストグラム

つまり、SSは653台に給油可能である。需要台数は対象地域の自動車保有台数の半数とし、{1人あたり自動車保有台数(岩手県0.74台、宮城県0.68台より、平均で0.71台とする²⁰⁾}/2を人口分布に乗じて、需要車分布を作成する。

需要車は1回給油したら、その施設を利用する他の需要車全台数が給油完了するまで待つものとする。また、全ての需要車は7日おきに給油を求めると仮定する。各SSの需要台数を供給力の653台で除した値(D/Sと呼ぶ)について、SS分布に基づき地図化したもの、D/Sの階級毎のSS数ヒストグラムを、図10に表す。

なお、供給不足は震災直後に起こった現象であるが、直後の人口分布、SS分布の全域での整備は困難であるため、ここでは1年後の分布を便宜的に用いて分析した。また本節でも転出入は反映させていないため、実態とは僅かに異なることに留意されたい。

3.5.2 結果と考察

図10より、盛岡市や仙台市、石巻市でD/Sが7を超えるSSが分布し、D/Sが1~7の範囲であるSSは、山間部では比較的少なく、内陸の平野部や沿岸地域の市街地に多い傾向が確認できる。

SS数で見ると、 $D/S \leq 7$ であるのは97.6%(1276施設)であり、Dシナリオで待ちが発生するのはわずかに2.4%(32施設)である。 $D/S \leq 1$ であるのは55.1%で、Wシナリオにおいても55.1%(721施設)のSSでガソリンが充足するが、見方を変えれば約半数のSSで待ちが発生するということであり、SSへの補給頻度が下がる状況では地域によってガソリン供給不足に陥ることを示唆する。 $D/S \leq 7/30$ となるのは12.7%(166施設)で、補給頻度を1か月おきと想定するMシナリオでは、87.3%のSSで待ちが発生することを示す。Mシナリオは供給がほぼストップする最悪の事態であるが、9割弱のSSで供給不足となる結果は、震災後の混乱に鑑みるに示唆的である。

このように、SSへの燃油補給頻度が一週間おき程度以下に低下すると、多くのSSで供給不足となることがわかる。また、供給不足となる地域は、市街地に多いことが確認される。なお、全体でD/S

3.5.1 分析の前提と手法

ガソリン供給力の回復が1日おきと1週間(7日)おき、1か月(30日)おきとする3シナリオ(それぞれDシナリオ、Wシナリオ、Mシナリオと呼ぶ)を仮定する。需要車両は全てが1st-SSを利用し、たとえばSSで整理券を受け取るなどして、給油ができるまで待つものとする。これは、探索行動によって遠距離の施設へ行く度に燃油を消費して結果的に移動できなくなるリスクを回避する行動と解釈できる。讃岐ら¹⁹⁾に従って、SSの地下タンク容量は一律に29.4kL、車1台のタンク容量は55Lとして、残油量10Lの時にSSに行き、45Lの給油を行うと仮定する。

の平均値は約1.55と需要が上回る状況で、Wシナリオでは平均して3~4日の待ちが発生する状況である。ここでSS毎の燃油補給頻度を需要量に応じて可変とすることができれば、待ち発生がないSSの供給力の余裕分を待ち発生があるSSに回すことができ、供給不足による混乱を抑えるのに有効であると指摘できる。

なお、本節の分析は探索のリスクを避け1st-SSの利用に限った前提での解析に止まる。実際には待ちが発生するSSの直近に供給力の余裕のあるSSも存在することがあるため、一定範囲内でのSS探索行動を許容するシミュレーションの実行を今後の課題としたい。

3.6 小括

沿岸部で震災後のアクセシビリティ低下が大きく、特に山間と湾と半島が入り組んで形成される三陸のリアス式海岸の地形がその要因であることを確認した。また、2nd-SSへの震災前後のアクセシビリティ変化から、三陸特有の地形が1st-SS停止時のアクセシビリティの頑強性低下にも影響すると推察された。一方、内陸側の施設利用が可能な南沿岸の平野では、アクセシビリティの低下が比較的小さい。さらに、SS毎のガソリン補給頻度が低下すると、1週間おきの補給頻度となると半数近いSSで消費者の待ちが発生するが、補給頻度を各SSの需要量に応じて可変にすれば、D/Sの大きいSSにおける待ち日数の短縮が可能であることが示唆された。

4. 狭域分析

本章では、震災直前(2011.3.10)、震災3か月後(2011.6.11)、半年後(2011.9.11)、1年後(2012.3.11)の4時点を分析対象時点とし、アクセシビリティの変化を詳しく検証する。なお、分析にあたっては、4次地域メッシュ(500mメッシュ)を単位として、以下に示す人口代表点から1st-SSへの最大距離をメッシュ毎に地図に表示した(図11、図15)。

4.1 人口分布の推定

(1) 震災前の人口

本章では地域を限定してより詳しく分析するため、人口分布の集計単位をより小さくする必要がある。そこで、国土地理院基盤地図情報25000の建物外形線図を用い、平成17年度の国勢調査小地域集計の人口を、建物投影面積で按分したものを用いる。年齢不詳者の扱いは前章と同様である。

建物外形線は用途が判別できないが、市街地における住宅・商店・工場等を判別できないことによる居住点としての代表点のぶれの発生というマイナス面よりも、山間部等の誤差発生が懸念される広大な集計地区においてその代表点を可住地域に補正できるというプラス面が上回ると期待して、この方法を採用した。

(2) 震災後の人口(図14)

内陸の建物については、重心を代表点とし、上で配分した建物人口をそのまま与えた。沿岸のうち津波浸水区域外の建物については、同じく重心を代表点とし、死亡不明率によって減じた人口を与えた。津波浸水区域内の建物については、死亡不明率によって減じた人口を与えた上で、避難所あるいは仮設住宅に移動させた。ただし、この移動時点の正確な把握は極めて困難であることから、各時点の人口は以下のように推定した。まず3か月後の人口は、上記の方法によらず、津波浸水区域の建物に配分する人口を便宜的に0とし、代わりに岩手県においては6月14日の、宮城県については6月15日

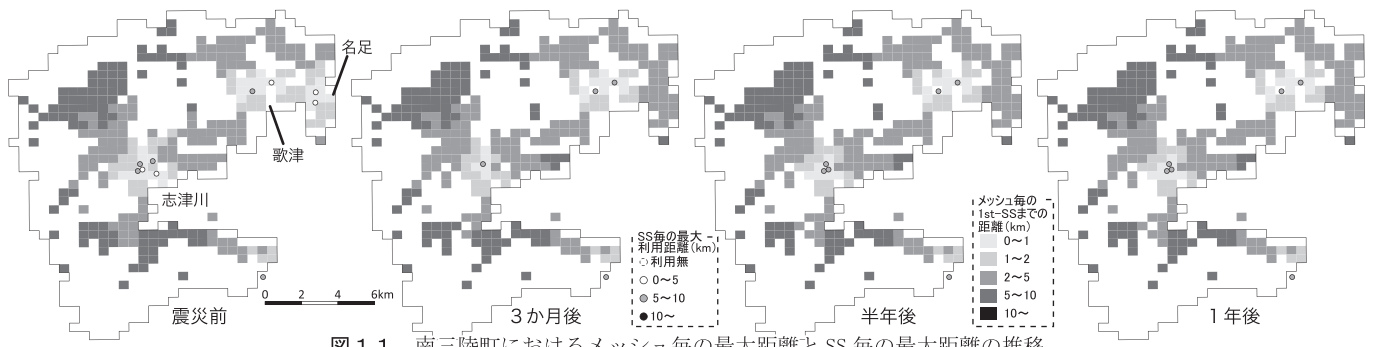


図 1.1 南三陸町におけるメッシュ毎の最大距離と SS 毎の最大距離の推移

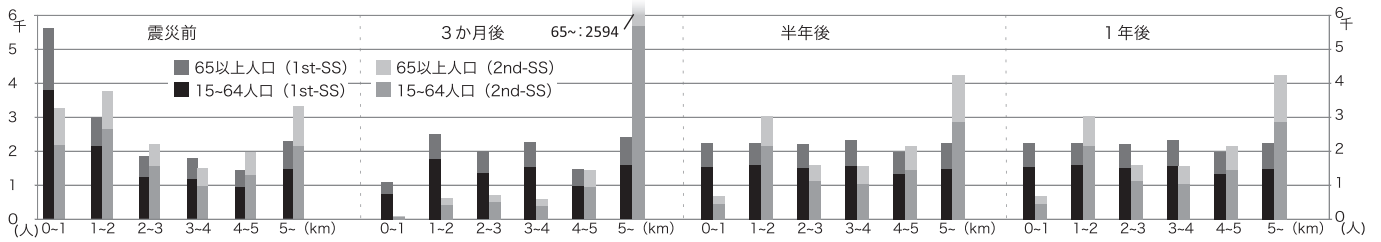


図 1.2 南三陸町における距離帯毎の人口の推移

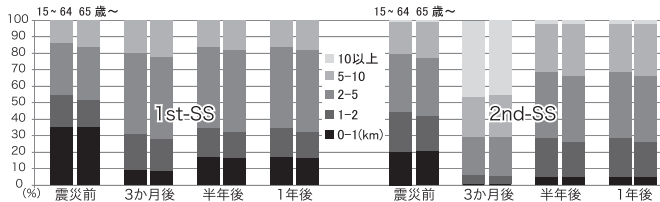


図 1.3 南三陸町の距離帯・年齢 2 区分の人口構成比推移



写真 1 南三陸町志津川地区で最初に復旧した SS (2011. 6. 11 撮影)

表 2 南三陸町の各時点の統計値

単位[km]	1st-SS				2nd-SS			
	前	3か月	半年	1年	前	3か月	半年	1年
平均距離	2.41	3.28	3.10	3.10	3.14	8.08	3.98	3.98
標準偏差	2.03	1.80	1.88	1.88	2.41	3.71	2.44	2.44
最大距離	9.03	9.65	9.65	9.65	10.5	14.2	13.8	13.8

者は高台にあるベイサイドアリーナや小中学校等での避難生活を余儀なくされた。町内の SS は全て津波にのまれたが、歌津地区の SS が震災 2 日後に再開²¹⁾ するなど、中古機材の導入等により 2011 年 4 月末までに 3 か所の SS が営業を再開した²²⁾。

表 2 より、1st-SS の平均距離、最大距離は延び、震災の影響が窺える。更に 2nd-SS の 3 か月後の平均距離の増加は顕著で、アクセシビリティの頑強性が著しく低いことが窺える。同じく 2nd-SS の最大距離も 3 か月後に大きく延びる。

4.2.1 メッシュ毎の 1st-SS への最大距離

志津川地区における SS は狭い地域に林立していたため、震災 3 か月後の SS が 1 店舗 (写真 1) の状態でも、最大距離分布に大きな差異は見られない (図 1.1)。

歌津大橋付近では 3 か月後には 2 店舗が営業しており、その付近のアクセシビリティもまた大きな変化はないが、東端の名足地区の 2 店舗の SS 閉鎖が付近のアクセシビリティ低下を招いている。それに関連して、歌津地区の東側の SS の最大距離が大きく延びている。

4.2.2 距離帯別人口ヒストグラム

まず最も基本的な 1st-SS への距離について、震災前から 3 か月後、半年後、1 年後の経過を見る (図 1.2)。1km 未満の人口は 5614 人、1080 人、2236 人、2236 人であり、震災 3 か月後に 1/5 まで減少しその後回復傾向が見られる。1~2km の人口は震災後に減少するが、その減少幅は比較的小さい。また、半年後と 1 年後のグラフ形状は、

の避難所位置と避難者の実数を用いた。津波浸水区域から避難所に移動する人口は避難者の実数より大きいので、この推定法は、一部の人口が対象地域外へ一時避難すると想定することと同義となる。次に半年後と 1 年後については、津波浸水区域内の建物に配分した人口を各自治体が公表する仮設住宅群の住宅戸数に比例して移動させた。ただし、本章における避難所・仮設住宅への移動は、各自治体が発表した避難所・仮設住宅情報に準拠し、南三陸町は町内および登米市への移動、陸前高田市は市内への移動のみとした。

また、本章では半年後と 1 年後の人口に、住民基本台帳人口移動報告 (2011 年)¹⁸⁾ を反映させる。具体的には、2010 年度国勢調査の陸前高田市と南三陸町の人口、及び上記 2011 年の転出超過人口から、転出超過率を算出した。南三陸町においては登米市への仮設住宅移動もあったため、その仮設住宅への移転人口を転出超過人口から差し引いた人口を用いて転出超過率を求めた。その上で、(1- 転出超過率) を建物人口に乘じ、半年後と 1 年後の建物人口を推定した。

4.2 宮城県本吉郡南三陸町における検証

南三陸町は宮城県北部沿岸の町である。志津川地区の南に位置する水尻橋が落橋したが、仮設橋設置により、自動車交通の妨げは比較的早期に解消された。湾に接する主要市街地は諸共流失し、避難

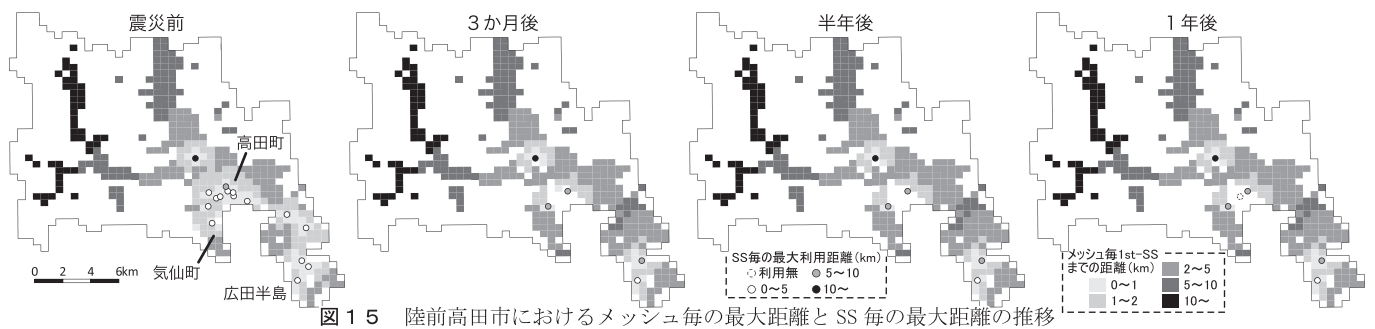


図 15 陸前高田市におけるメッシュ毎の最大距離とSS毎の最大距離の推移

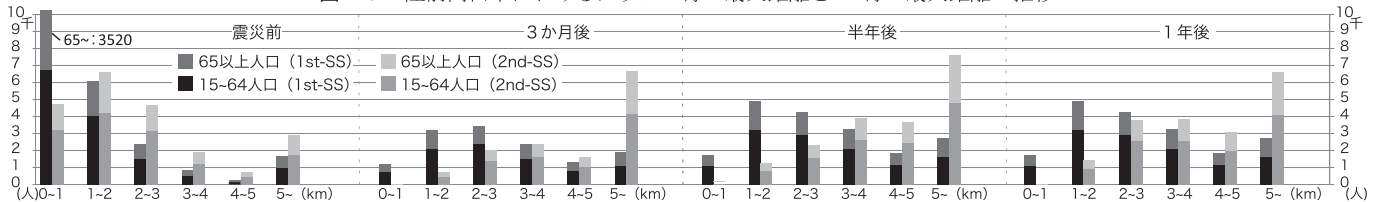


図 16 陸前高田市における距離帯毎の人口の推移

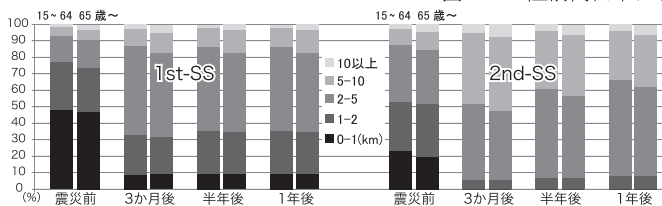


図 17 陸前高田市の距離帯毎・年齢2区分の人口構成比推移

表 3 陸前高田市の各時点の統計値

単位[km]	1st-SS				2nd-SS			
	前	3か月	半年	1年	前	3か月	半年	1年
平均距離	1.78	3.28	3.16	3.16	2.77	5.34	5.00	4.72
標準偏差	2.32	2.53	2.38	2.38	2.82	2.95	2.76	2.86
最大距離	16.3	16.3	16.3	16.3	18.8	19.5	19.5	19.5

設ミニSS設置を経て、3か月後までに5店舗が営業を再開した。

表3より、1st-SSと2nd-SSともに平均距離は震災前後で大きな違いがあり、1年後までほぼ同じ距離で推移するのが特徴的である。標準偏差と最大距離については、震災前後の差が小さい。

4.3.1 メッシュ毎の1st-SSへの最大距離

震災直後は全てのSSを失ったが、その後の応急処置により複数のSSの設置・再開がなったことにより、高田町・気仙町の震災前に対するアクセシビリティ低下は抑えられている(図15)。3か月後以降のSS復旧は高田町中心部の1SSのみで、その後のアクセシビリティ改善は地図には表れない。広田半島北部の2店舗のSS閉鎖により、この付近はアクセシビリティが低下している。

4.3.2 距離帯別人口ヒストグラム

1st-SSへの距離について(図16)、震災前から3か月後、半年後、1年後の経過を見ると、1km未満の人口はそれぞれ10247人、1181人、1761人、1761人であり、震災後の減少が顕著である。増減の幅は南三陸町と異なるが、震災3か月後に激減し、半年後には僅かに回復する点は共通の傾向である。1~2kmはそれぞれ6079人、3176人、4907人、4907人となり、3か月後から半年後にかけての回復が見られる。10~20kmは474人、477人、447人、447人で、大きな変化はない。グラフ形状の推移は、1km未満を頂点とした距離減衰形状の震災前に対し、3か月後には2~3kmを頂点とする形状に大きく変化し、半年後以降はその頂点が1~2kmに戻る、という状況にある。

市街地の沿岸部中央に位置する高田町には、2012年3月3日に営業を再開したSSがあるが、沿岸部の人口は離れた仮設住宅に移動していると仮定しているため、このSS再開の恩恵は1st-SSのグラフには表れない。2nd-SSについては、1km未満人口はそれぞれ4732人、18人、17人、17人で、震災前後の落差が激しい。上記高田町のSS再開の効果が、2nd-SSのグラフに半年後から1年後にかけての変化として表れる。

4.3.3 年齢区別距離帯別人口構成比

1st-SSの生産年齢人口については、1km未満は震災前の48%に対

どの距離帯でもよく似ている。

南三陸町で特徴的なのは、震災3か月後の2nd-SSのヒストグラムの大きな変化である。特に10~20kmの距離帯の人口が震災前の165人から3か月後5377人まで激増し、半年後以降は318人と再び減少している。これは、南三陸町の主要市街地を成す志津川地区において、3か月後に営業していたSSは1店舗であったことによるものであり、2nd-SSへのアクセシビリティは著しく低下していた。3.5節の分析のように、3か月後におけるこのSSへの需要台数を算出すると2325台であり、1施設の供給力653台を大幅に上回る状況である。この場合Wシナリオでも待ちが発生するため、唯一のSSへの依存は、市街地規模を考えると非常事態であったと推察される。

4.2.3 年齢区別距離帯別人口構成比

1st-SSの生産年齢人口については、1km未満の距離帯では震災前の35%に対して3か月後には9%と大きく減少し、半年後には17%に回復する(図13)。2km未満についても震災前後の差は大きい。3か月後から半年後への増加幅は小さい。5km未満の人口は変化が小さい。また、5~10kmの比率は4時点を通して15~20%であり、10km以上は少ない。老年人口については4時点で1~2kmの比率に生産年齢人口との僅かな差が見られるが、変化の傾向は生産年齢と同様である。2nd-SSについては両年齢区分とも、前節の通り10~20kmの比率が3か月後に急激に肥大し、半年後にはまた小さくなるのが特徴的である。

4.3 岩手県陸前高田市における検証

陸前高田市は、広田湾に注ぐ気仙川を跨いで高田町・気仙町の市街地が広がる市である。津波はこの市街地を丸ごとのみ込み、気仙川河口付近に掛かり地域の動脈であった気仙大橋、その上流の姉歯橋が諸共落橋したことで、震災から4か月間、河口から4km上流の国道343線まで迂回しなければならない状態となり、交通に大きな不便をもたらした。また市内のSSは全て営業不能となったが、仮

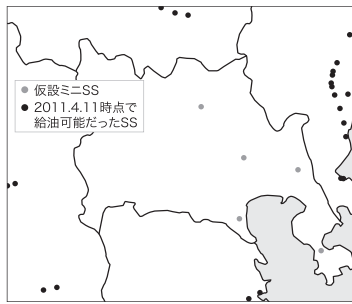


図18 4.11時点で給油可能なSS

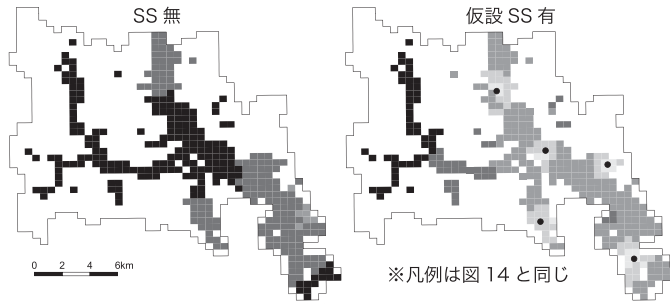


図19 仮設SSの有無による距離分布の差異

表4 仮設有無別の統計値

単位[km]	1st-SS		2nd-SS	
	有	無	有	無
平均距離	2.91	9.75	6.55	10.1
標準偏差	2.51	3.25	2.47	3.39
最大距離	16.5	21.1	17.6	21.8

特に陸前高田市は、市街地が広く浸水し、市内の全てのSSが営業不能となった地域であり、仮設ミニSSの設置は避難者を含め住民の生活行動の確保の面で、重要な役割を担った。本節では、陸前高田市の仮設ミニSSの設置について、震災1か月後の4月11日のアクセシビリティの状況を把握し、同時点において仮設ミニSSが無い状態(SS無と呼ぶ)を仮定して導いたア

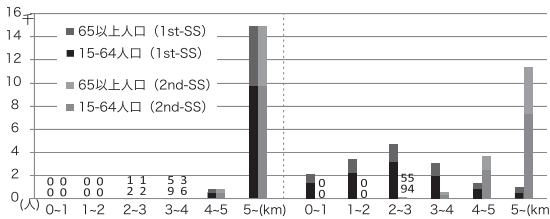


図20 仮設SSの有無による距離帯毎の人口の差異

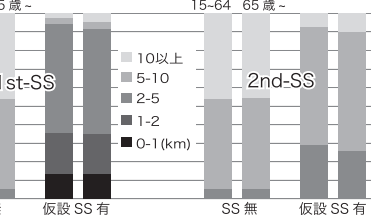


図21 長距離帯人口の差異

して3か月後には11%と激減し、半年後、1年後にはさらに微減となり、半年後に微増する南三陸町と異なる傾向を示す(図17)。2km未満は震災前の77%に対し3か月後は半減、半年後以降は僅かに増加し、傾向は南三陸町と同様である。5km未満の構成比は、震災前の93%から僅かに減少するに止まる。5km以上の人口は震災前の7%に対し3か月後に増え、さらに半年後にも僅かに増加する点、10km以上の人口が2%と一定の割合で存在する点が、南三陸町と異なる。なお老年人口についても、グラフの変化傾向は生産年齢人口のそれと同等であるが、2~5kmの比率は僅かに小さい分、5km以上の比率が大きい特徴が表れる。

2nd-SSについては、震災前の20%に対し震災後は0.1%と、1km未満の人口がほとんどいないことが特徴的である。2km未満人口についてもまた同様である。5km未満人口は減少幅が小さいものの、やはり震災後は大きく減少し、その後時間経過とともに回復している。この傾向は生産年齢人口・老年人口ともに同様である。

4.4 小括

震災後に近距離でSSに到着する人数は大幅に減少し、半年後以降の回復が徐々に見られる傾向は、いずれの自治体ともに共通する。南三陸町においては3か月後の志津川地区唯一のSS再開時に、2nd-SSの平均距離が大きく延長し8千人超が5km以上となるなど、アクセシビリティの頑強性が低下したことが特徴的である。陸前高田市においては、10km以上の長距離移動人口が約470人前後と大きな変化がないこと、南三陸町と比較して2nd-SSへの距離で見るとアクセシビリティ頑強性の低下は小さいことが特徴に挙げられる。

5. 仮設ミニSSの評価

本章では、経済産業省資源エネルギー庁による仮設ミニSSの設置¹⁾について、その立地をアクセシビリティの観点から評価する。

5.1 仮設ミニSSの概要

仮設ミニSSとは、被災地においてSSの消失等でガソリン供給が困難な地域に、仮設の簡易給油所を設けガソリンを供給した施設である。その立地は、主に学校や避難所等であり、被災者の避難生活期の生活拠点の近隣に置かれた。この措置は2011年5月末まで続き、地元のSS復旧までのつなぎ役として機能した。

クセシビリティとの比較により、仮設ミニSSの効果を検証する。SS無の状態では、陸前高田市民は隣接する自治体のSSのうち4.11時点で営業を再開していたSSへ行くものとする(図18)。

5.2 効果の検証

まず図19の地図を見ると、SS無の状態と比較し、5km以上の長距離移動を強いられる領域が劇的に減少する。

表4より仮設ミニSSの有無による差は非常に大きい。平均距離は1st-SSで3倍強、標準偏差も大きくなり、最大距離も5km弱延びる。2nd-SSでも差は大きく、仮設ミニSSの設置の有効性が確認できる。

図20の距離分布で距離に対する効果を確認する。SS無の状態では、隣市の大船渡市の高台や内陸の住田町のSSまで足を延ばす必要があり、5km以上の遠距離移動を強いられる住民が1.5万人、95%である。一方、仮設ミニSSがある状態では、1st-SSへの距離5km未満が約95%、5km以上が1014人となる。2nd-SSへの距離については、仮設ミニSSは互いに離して設置されたため、4km以上の人口が多いが、SS無に比較して、5km未満の距離帯の人口が一定程度増加している点で、効果が認められる。

仮設SSの配置の特徴としては、前述の通り互いに離れている点が挙げられる。これは、津波に丸ごと飲まれた中心部を避け、避難所等の付近というアクセス性を考慮したものと考えられる。数が同じであることを利用して、震災3か月後と仮設SS有を比較すると、仮設SS有の方が平均距離は短く、かつ短い距離帯の構成比率が高く、仮設ミニSSの配置が好立地であったことが窺える。更に、数は合わないが震災前の状態と比較すると、平均距離や最大距離は震災前の方が短く、2km未満では震災前の比率の方が高いものの、5km以上の人口比率が震災前よりも小さく、長距離移動人口の抑制という観点からは仮設ミニSSの立地を評価できる。このように仮設ミニSSの立地は、3か月後に再開していた5か所のSSの立地よりも平均距離が短く、震災前のSS立地と比較しても長距離移動人口を減少させた効果があり、その意味では有効な配置であったと言える。

供給量が小さい状況下では、給油のための移動にかかる燃油消費を最小限にしたいという意識があると考えられるので、そのために総移動距離(平均距離)を最小化するだけでなく、給油場所への確実なアクセスを確保することも必要であり、長距離移動人口を減少

させる配置計画も同様に重要である。陸前高田市における仮設ミニSSの立地は、特に後者の観点からそれに資するものであったと評価できる。

また、中心部から離れた山間部への仮設ミニSSの立地は、内陸からの支援車両等の給油施設としても機能した可能性がある。給油実績などを踏まえ通過交通²³⁾の観点からの分析を加えることを、道路ネットワーク解析に基づく最適配置案の提示という課題とともに、今後の課題としたい。

6. おわりに

本研究では、岩手県と宮城県を対象地域とし、SSのアクセシビリティの観点から、震災前後の比較や震災後の時系列での変化を分析した。以下に得られた知見と今後の課題をまとめる。

6.1 知見の総括

得られた知見は以下のようにまとめられる。

第一に、震災前において、既報で対象とした岩手県内陸に限らず、沿岸地域においても1st-SSへの距離が10km以上の長距離移動を強いられる住民が存在し、さらに、20km以上の住民も少数であるが存在した。震災後には10～20kmの距離帯の人口は増加した。

第二に、湾と山が入り組む三陸のリアス式海岸の地形の上に形成された市街地・集落は、震災後のアクセシビリティの観点から不利である。一方、南沿岸の石巻以南の平地の広がる地域では、内陸へのアクセシビリティが確保され、震災後のその低下は相対的に小さかった。また、SS毎の供給力と需要台数の関係から、1週間おきのSSへの燃油補給では半数近いSSで需要車の待ちが発生するが、地域別に補給を工夫すれば待ちの発生も抑えられることが確認された。

第三に、南三陸町と陸前高田市における狭域分析によれば、震災3か月後のアクセシビリティの低下が著しく、半年後にはある程度まで回復した。また、生産年齢人口と老年人口とで、多少の差異はあるものの、震災前と震災後のアクセシビリティ変化の傾向は同様であった。三陸は地形的制約により「コンパクトな都市」であったと考えられ、無駄がない分、機能集中地が打撃を受けるとアクセシビリティが低下し、特に2nd-SSへのアクセシビリティすなわち頑強性が大きく損なわれる。これは、コンパクトな市街地にホテリングモデル²⁴⁾に近い集中立地が生じていた所に津波が来襲したため、代替施設が諸共打撃を受けたからと考えられる。

第四に、陸前高田市において、仮設ミニSSの設置は、住民のSSへのアクセシビリティの確保という点で大きな効果を発揮し、一部地域では震災前よりもアクセシビリティが向上し、5km以上の移動が必要となる人口が減るなど、少数の施設ながらその配置は評価できるものであることを確認した。必需施設へのアクセスの確実性確保という観点から、特に長距離移動人口を減少させた効果は評価に値する。規制により立地が縛られるSSについては、仮設を適切に導入すれば、既存SS再開までのつなぎとしての効果は大きいと言える。

6.2 今後の課題

残された課題として、第一に、物資や人を乗せた支援車両を通過交通と捉え、外部からの車両流入や外部への流出を考慮したSS配置の在り方を考究することが挙げられる。第二に、今後の非常事態に備えたSS配置施策に資する知見とするために、SS毎のキャパシティを考慮しつつ、燃油補給量をSS毎に可変としてコントロールする

モデルを構築し、シミュレーションを行うことが挙げられる。

謝辞

この研究は、首都大学東京リーディングプロジェクト「環境負荷低減に資する都市建築ストック活用型社会の構築技術」の一環として行われた。また、本研究の背景をなす被災状況調査において、南三陸町立志津川中学校、陸前高田市立第一中学校には、厳しい事態の中でヒアリングにご協力いただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 経済産業省：被災地における「仮設ミニSS」の設置について、<http://www.meti.go.jp/press/20110326004/20110326004.html>, 2012.5.1 閲覧
- 2) 中林一樹：「事前復興計画」の理念と展望，都市計画，Vol.53，No.6，pp.23-26，2004.12
- 3) Eiji SATOH：Accessibility in the Community Healthcare System，Journal of the National Institute of Public Health，Vol.59 No.1，pp.43-50，2010.3
- 4) 増山篤：人口分布と生活利便施設へのアクセシビリティの関係を分析する制約付きランダムマイゼーション・テスト，日本都市計画学会都市計画論文集，No.45，pp.583-588，2010
- 5) 三浦英俊・古藤浩：メッシュデータを用いた人口減少地域における買い物距離の分析 -- 山形県における食料品店を事例として，日本都市計画学会都市計画論文集，No.45，pp.643-648，2010
- 6) 貞広幸雄：都市人口分布と店舗分布の比例関係についての考察，日本建築学会計画系論文報告集，No.432，pp.99-104，1992.2
- 7) 資源エネルギー庁：平成21年度SS過疎化調査事業（総合調査事業）報告書，全国石油協会，2010.2
- 8) 讃岐亮，吉川徹：ガソリンスタンドのアクセシビリティ評価と施設撤退の影響評価 -- 岩手県を分析対象にして，日本建築学会計画系論文集，Vol.77，No.673，pp.639-648，2012.3
- 9) 上田恭平，大西一嘉：都市災害に備えた給油所の地域防災力に関する研究，日本建築学会近畿支部研究報告集，計画系，No.46，pp.597-600，2006.5
- 10) 岡部賢一：防災対応給油所（ライフスポットSS）の提案，電気学会誌，Vol.116，No.2，pp.85-87，1996.1
- 11) 堀川純一郎・熊谷良雄：大都市震災時における給油取扱所：SSの活用方策に関する研究，地域安全学会梗概集，No.10，pp.5-8，2000.11
- 12) 日本エネルギー経済研究所石油情報センター：震災時における石油安定供給に関する調査報告書，1995.5
- 13) 総務省統計局：被災3県（岩手県、宮城県及び福島県）の沿岸地域の状況，<http://www.stat.go.jp/info/today/041.htm>，2012.5.1 閲覧
- 14) 谷謙二：津波被災地域の町・大字別死亡者分布，http://ktgis.net/tohoku_data/small_area_map/index.html，2012.5.1 閲覧
- 15) 仙台湾川国道事務所：応急復旧活動状況（2012.2.7 現在），<http://www.thr.mlit.go.jp/sendai/>，2012.5.1 閲覧
- 16) 岩手県建築住宅課：応急仮設住宅の建設に係る進捗状況について，<http://www.pref.iwate.jp/view.rbz?of=1&ik=0&cd=31658>，2012.5.1 閲覧
- 17) 宮城県土木部住宅課：応急仮設住宅の追加工事等の進捗状況について，<http://www.pref.miyagi.jp/juutaku/>，2012.5.1 閲覧
- 18) 総務省統計局：住民基本台帳人口移動報告，<http://www.stat.go.jp/data/idou/index.htm>，2012.9.1 閲覧
- 19) 讃岐亮・鈴木達也・吉川徹：非常時のアクセシビリティとキャパシティに着目した施設利用可能性分析 -- 青森市のガソリンスタンドを対象として，日本都市計画学会都市計画論文集，No.47，pp.859-864，2012
- 20) 自動車検査登録情報協会：自動車保有台数統計データ，<http://www.airia.or.jp/number/index.html>，2012.9.1 閲覧
- 21) 朝日新聞：手でポンプ給油「おれが復興」南三陸を支えるGS，<http://www.asahi.com/special/10005/TKY201104050263.html>，2012.5.1 閲覧
- 22) 石油連盟：SS空白地域対策について（2011.4.18 発行），http://www.paj.gr.jp/paj_info/topics/2011/04/info.html，2012.5.1 閲覧
- 23) 鈴木勉：フロー需要に基づく施設配置モデルと需要構成が施設配置に与える影響，日本都市計画学会都市計画論文集，No.37，pp.115-120，2002.10
- 24) Hotelling, H.: Stability in Competition, Economic Journal of Marketing, Vol.28, No.3, pp.34-38, 1929

(2012年5月8日原稿受理，2012年10月4日採用決定)