長崎市の斜面住宅地におけるアクセシビリティの評価と改良
－地形・年齢階層・移動手段を考慮した街路ネットワーク分析－

Evaluation and Improvement of Accessibility in Hilly Residential Areas in Nagasaki city
-Street network analysis attributing topography, age-class and means of transportation-

伊東　優*・今井　公太郎*・本間　健太郎*
Yu Ito*, Kotaro Imai* and Kentaro Honma*

Hilly residential areas in Nagasaki city have issues provoked by the complex street structure with steep slopes and staircases that affect urban planning and daily lives of local residents due to its low accessibility. Thus, this paper provides a method of evaluation and improvement plans to increase accessibility, which contribute to the actual urban planning for sustainable development. More specifically, first, we measure the duration between origin and destination for various movement patterns in street network systems, including topography, age-group and means of transportation as accessibility indices to classify disparities caused by factors such as differences in walking ability between non-elderly and elderly. Second, the study estimates changes in accessibility with the facing future aging population. Furthermore, we propose improvement plans as well as verifying the effects based on results of current condition analysis.

Keywords: accessibility, street network, hilly residential area, Nagasaki city
アクセシビリティ，街路ネットワーク，斜面住宅地，長崎市

１．はじめに
⑴ 研究の背景と目的

「坂のまち」として知られる長崎市は，湾岸の限られた平地に市街地が形成され，それらを取り囲む山々の斜面に住宅地が広がっている．急峻な地形の上に発展した住宅地は坂道や階段が交錯する複雑な街路構造を有しており，壇状に連なる家々とあいまって、特徴的かつ魅力的な景観をつくり出している[(1)]．しかし一方で，様々な生活上・計画上の問題を抱えており，伝統的な斜面の生活様式は衰退の傾向にある．この長崎の空間的財産と歴史的文化を継承していくためには，具体的な問題の所在とその解決に向けた視座を提示する必要があると考える．

本論の目的は，長崎市の斜面住宅地の街路について，その複雑性や問題点に触れつつ，定量的な指標を用いてアクセシビリティの評価・改良の方法を提示することである．具体的には，GIS データを用いて地形などの条件を加味した街路ネットワークを構築し（２章），最短経路の解析により移動者・移動手段・移動先ごとの所要時間を計測する（３章）．また将来的なアクセシビリティ変化の予測（４章），および現状に基づいた改良案の提示と検証を行う（５章）．

⑵ 既往研究と本研究の特色

アクセシビリティの可視化に関する先行研究は数多いが，近年では広範かつ詳細な GIS データが普及したことから街路ネットワークを用いた研究も増えてきており，手法としてはダイクストラ法などによる最短経路の距離計測に基づく分析が主流である．

例えば鳥海[1)]は福岡市の道路ネットワークを用いて生鮮食品店へのアクセシビリティ（フードデザート問題）を論じた．讃岐ら[2)]は岩手県と宮城県を対象として東日本大震災前後におけるガソリンスタンドへのアクセシビリティの変化を明らかにしつつ，「仮設ミニ SS」の設置効果についても論じている．両者とも生活に欠かせないインフラについて広域的なネットワーク分析を行ったものであるが，本論ではよりミクロなスケールの街路を対象とする．

また微地形などの詳細な条件に着目した研究としては，溝口ら[3)]によるものや髙見ら[4)]によるものが挙げられる．前者は理論上の最短経路と住民の選択経路の差に注目して換算距離の最適化を行い，道や階段の勾配が徒歩移動者に与える抵抗感を論じたものである．後者は地形に加えて年齢などの個人属性も考慮しつつ，徒歩および自転車によるアクセシビリティについて論じたものであり，対象とする多摩ニュータウンの独特な尾根状の地形とライフスタイルに即した分析となっている．本論も対象とする街路のスケールや条件設定は類似しているが，同様の手法でアクセシビリティの具体的な改良を論じた研究は見当たらない．

一方で本論は，都市計画やまちづくりへの実用性を重視し，入手が容易なデータと他地域にも適用可能な手法を用いて，アクセシビリティの評価とそれに基づく改良について論じることを特色としている．また長崎市の斜面住宅地のように，①地形が複雑で移動に方向性がある，②高齢者に不利な階段や坂道が多い，③移動手段にばらつきがあるなどの複雑な条件下においても，地形・年齢階層・移動手段の各パラメータをすべて所要時間に換算することで，一律に客観性の高い分析結果を得ることができる．

⑶ 長崎市の斜面住宅地の形成過程と問題点

長崎市の市街地の形成過程を見ると，高度経済成長期の人口急増による平地中心部の過密化に伴って，その周囲にある斜面地の低い方から高い方へと居住空間がスプロールしていったことが窺える（図 -1）．また段々畑や棚田が住宅地に転用されていく中で，作業用のあぜ道などが生活道

＊　正会員　東京大学生産技術研究所（Institute of Industrial Science, the University of Tokyo）

路として無計画に転用されたことにより，狭隘な通路や階段の多い現在の街路構造が形成されたと考えられる．

以上のように発展した斜面住宅地であるが，居住人口の減少と高齢化が進む近年では，空き家や空き地が急激に増加し問題化している[5]．その大きな要因の一つが移動の利便性＝アクセシビリティの低さである[6]．この状況に対して長崎市は，2002 年に「長崎市斜面市街地の整備促進に関する条例」を制定し，「車みち整備事業」などに取り組んできた[2]．また 2018 年に公表された「長崎市立地適正化計画」では，斜面住宅地の中でも特に利便性が低いとされる地域を「自然共生区域」に指定し，都市全体のコンパクト化，すなわち平地部分への機能集中を計画している．

しかしながら，斜面住宅地の利便性については具体的な評価指標が提示されておらず，「自然共生区域」の指定方法は必ずしも実情に沿ったものとは言い難い[3]．依然として多くの居住者を抱える斜面住宅地を貴重な空間的ストックとして適切に活用し，持続可能な都市計画・まちづくりを行うために，アクセシビリティの現状とその改良に向けた知見を提示することは急務と言える．

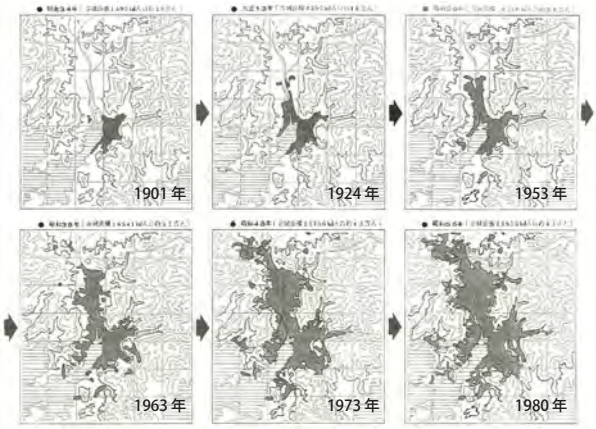


図 -1　長崎市街の形成過程[7]

2．分析の対象と方法

(1) 対象データの作成

長崎市の中心市街地に近接する斜面住宅地を対象として[4]，GIS 上に標高情報をもつ街路ネットワークを構築した[5]．対象地の実情を考慮してネットワークのエッジを幹線道路・通路・階段の 3 つのレイヤーに分類すると，表 -1 中列のような構成となった．また同表右列に示すように，各レイヤーに徒歩・車（自家用車）・バスの 3 種類の移動手段を対応させた．各移動手段の移動速度を表 -2 に示す．

表 -1　各レイヤーの構成と移動手段

レイヤー	辺数	総辺長 (m)	平均辺長 (m)	平均傾斜 (%)	移動手段
幹線道路	216	12032.7	55.7	7.12	徒歩・車・バス
通路	2697	108447.6	40.2	13.8	徒歩・車
階段	637	17378.9	27.3	28.4	徒歩

表 -2　各移動手段における移動速度

移動手段	階段（km/h）	通路（km/h）	幹線道路（km/h）
徒歩（非高齢者 / 高齢者）	4.00/2.82	4.00/2.82	4.00/2.82
車	-	10.00	※
バス	-	-	※

※参考文献 10) より路線ごとに定める

徒歩による移動は，佐藤ら[8)9)]による「代謝的換算距離」を参照し，道の勾配による負荷の変化と年齢による歩行能力の違いを勘案する．本論では移動者の年齢階層を非高齢者（15 ～ 64 歳）と高齢者（65 歳以上）の 2 種に設定し，両者の歩行速度に応じて距離換算を行った[6]．勾配による重み（代謝的換算距離と経路距離の比）とエッジの合計辺長の関係をヒストグラムに表すと図 -2 のようになる．

通路における車の移動速度は徐行の目安となる 10km/h とし，交通規制に応じた一方通行も加味する．幹線道路における車・バスの移動速度は「昼間 12 時間平均旅行速度」[10]により路線ごとに設定した．またバスの乗降を表現するために，バス路線のエッジをバイパス的に複製し，バス停のノードにおいて接続させた（図 -3）．バス停のノードには乗車時の待ち時間として 5 分[7]，および移動の際にはバス停での乗降時間として 30 秒のコストを便宜的に与える．

移動の始終点は建物の重心とし（以下，建物点とする．全 11,492 点），最近接のエッジへの垂線の足をネットワーク上のノードに加え，垂線の長さ分の移動時間を追加コストとして所要時間に算入する．なおバス路線のエッジ上には建物重心のノードが接続されないように規制した．

以上の方法で作成した街路ネットワークを図 -4 に示す．

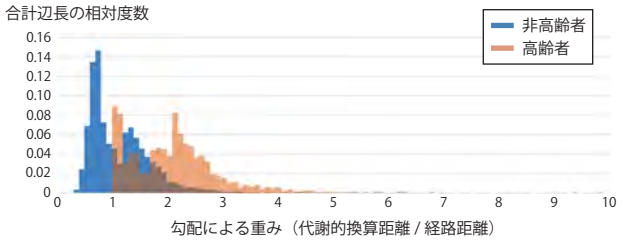


図 -2　勾配による重みのヒストグラム

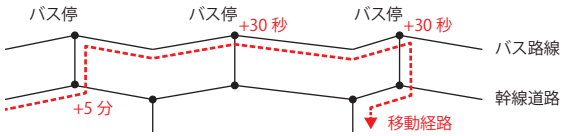


図 -3　バスの乗降ダイアグラム

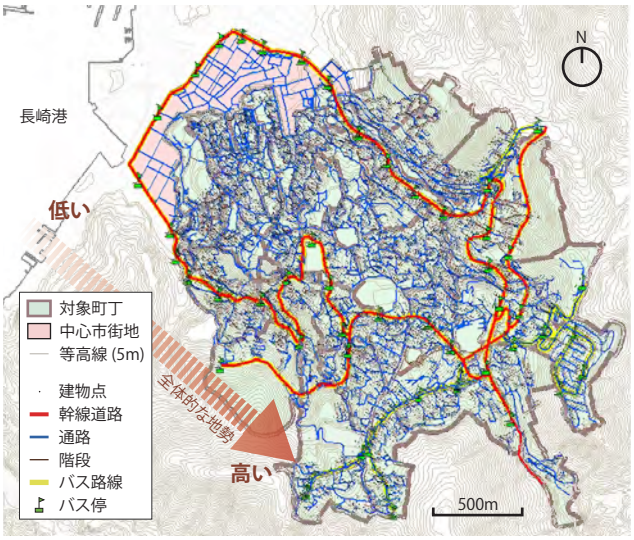


図 -4　街路ネットワークのレイヤー

⑵ ネットワーク解析の方法

年齢階層・移動手段・移動方向の違いに分けて各エッジの時間コストを計算し，2 地点間の合計コストが最小となる経路を最短経路として算出する．このとき車・バス→徒歩→車・バスという乗り換えは現実的に想定し難いことから，一つの移動経路における車・バスによる移動は一回以下となるように制約を設ける．なお最短経路および所要時間の解析にはArcGIS10.1のNetwork Analystの機能を用いた．

以降の分析では，最短経路における合計コストを「所要時間」としてアクセシビリティの評価指標とする．

3．アクセシビリティの現状評価

本章では，各建物点からみたアクセシビリティの解析を①消防署・病院，②スーパーマーケット，③中心市街地のそれぞれについて行い，その特徴について分析する．

⑴ 消防署・病院（救急車）のアクセシビリティ

まず消防署から直接車のみで到達できない建物点の分布を調べてみると，図 -5 に示す赤点のようになった．これは建物点全体の 18.43%である．これらの建物点に移動する経路には階段が含まれることを意味する．

次に救急車で病院に到達するまでの所要時間を建物点ごとに把握する．ここでは出動準備や患者の搬出などに要する時間を除き，消防署→各建物点→病院の単純な総移動時間を算出する．幹線道路と通路は車による移動とし，経路に階段が含まれる場合は救急隊員（非高齢者）が徒歩により移動する．消防署と病院はそれぞれ複数あるが，各建物点に対して最短時間で到達できる消防署と病院の組み合わせを選択するものとする．

図 -6 の通り，所要時間の平均値は 9.66 分，最大値は 29.49 分であり，20 分超の割合は全体の 1.51%となった．また図 -7 は建物点ごとの所要時間の分布である．消防署や病院から離れた中腹地域で比較的長いという大局的な傾向に加えて，周囲よりも極端に長い地域が局所的に存在していることが分かる．特に赤い点線エリアの建物点において所要時間が長いのは，階段が多く車のみで到達できないため徒歩による移動距離が長いことが要因と考えられる．

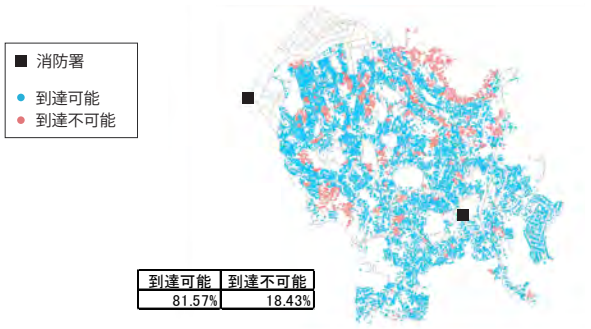


図 -5　消防署から車のみで到達不可能な建物点

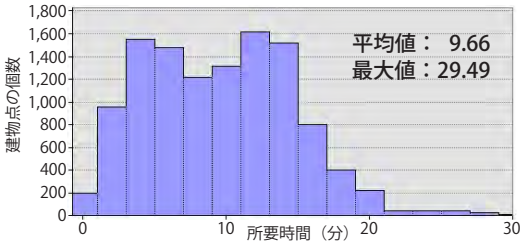


図 -6　消防署→建物点→病院の所要時間の分布

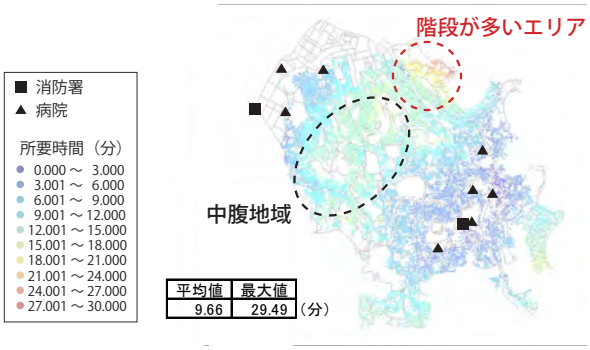


図 -7　消防署→建物点→病院の所要時間

⑵ スーパーマーケットのアクセシビリティと商圏

次に建物点からスーパーマーケットまでの移動における所要時間と商圏を調べる．移動者は非高齢者と高齢者の 2 通りとし，年齢階層によるアクセシビリティの違いに焦点を当てる．なお移動手段は徒歩＋車（自家用車）とする．

図 -8 に，建物点から対象地内にある 4 軒のスーパーまでの所要時間の分布と平均値・最大値および商圏を示す．所要時間を比較すると，平均値にそれほどの差はないが最大値には大きな差が確認された．これは徒歩移動が経路に含まれる場合に高齢者の方が高負担となることが要因である．また両者の商圏を比べると非高齢者の方が直線距離に基づくボロノイ分割に近い．例えば高齢者の場合，標高が低い位置にあるスーパー 4 に対してスーパー 2 や 3 の商圏が優勢となる．これは下り方向であっても負荷となる急勾配の坂道や階段を避けて車移動を優先し，直線距離的には遠いスーパーを選択することが要因と推察される．

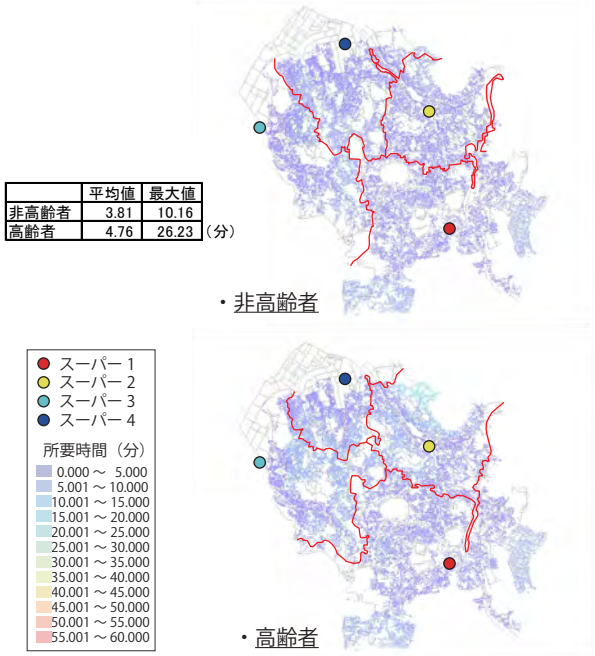


図 -8　スーパーの商圏（非高齢者・高齢者）

⑶ 中心市街地のアクセシビリティ

最後にオフィスや商業施設・公共サービスが集積する中心市街地のアクセシビリティについて調べる．ここでは中心市街地内のエッジのコストを疑似的に 0 とすることで，中心市街地全体を一つの巨大な始終点とみなす．また移動手段は徒歩＋バスとして，＜非高齢者＞／＜高齢者＞それぞれに対し，＜下り方向（建物点→中心市街地）＞／＜上り方向（中心市街地→建物点）＞について，計４通りの解析を行った．図 -9 にそれぞれの場合における所要時間の分布および平均値・最大値を示す．

まず下り方向について非高齢者の所要時間の分布をみると，平地にある中心市街地を基点とした直線距離にある程度比例している．一方で高齢者の場合を非高齢者と比較すると，バス路線に近接した地域では所要時間にそれほど違いはないが，バス路線から離れた地域では所要時間が長い．これは非高齢者よりもバス停までの徒歩移動における負荷が大きいことが要因である．また直線距離では中心市街地からあまり遠くない場所でも，島状に所要時間が長くなるエリア（図 -9 の点線で囲った部分）が存在することも分かる．この理由として，直線距離では近くても勾配が大きい経路を選択せざるを得ないことや，バス停までの徒歩移動距離が長いことが考えられる．このように特に高齢者の場合においては，経路の勾配と徒歩移動の距離がアクセシビリティを大きく左右すると言える．

次に上り方向では，下り方向に比べて全体的に所要時間が長くなるとともに，非高齢者の場合でもバス路線の位置に依存した所要時間の偏りが認められた．これは上り勾配の負荷が大きく影響することが要因と考えられる．

以上のように，年齢階層によってアクセシビリティの様相は異なること，また移動方向の違いによってもアクセシビリティは大きく変化することが確認された．

４．アクセシビリティの変化予測

アクセシビリティが将来的に変化する要因として，移動者や移動手段が変わるソフト面の要因と，街路構造自体が変わるハード面の要因が考えられる．本章ではソフト面の要因として予想される高齢化について，それに伴うアクセシビリティの変化予測を行う．移動条件は３章 ⑶ と同様に，建物点⇔中心市街地の徒歩＋バスによる移動とする．

2010 年の町丁別人口データを基に，将来の生残率・純移動率のデータを用いて，2025 年における非高齢者・高齢者の町丁別人口を推計した [8]．これを用いて，建物点が属する町丁の年齢階層別人口で重みを付けた所要時間の加重平均を求める．これはある建物点に居住する人の年齢階層を確率的に表したときの所要時間の期待値とみなせる．

この所要時間の期待値について，2010 年から 2025 年における増減値をアクセシビリティ変化の指標として図 -10 に示す．下り方向では平均値が＋ 1.28 分，最大値は＋ 5.56 分となった．一方で上り方向では平均値が＋ 0.68 分，最大値は＋ 3.77 分であった．

以上の結果から，高齢化に伴って全体的な所要時間が増大するとともに，上り方向に比べて下り方向の方が増大の傾向が大きいことが分かる．特に図 -6 の階段が多いエリアや図 -9 の島状のエリアにおいて所要時間の増大は顕著である．これは高齢者の方が勾配による徒歩移動の負荷が大きいだけでなく，急な下り勾配も負荷となるためである．

５．アクセシビリティの改良

本章ではハード面における具体的なアクセシビリティ改良について，解析に用いた階段・通路・幹線道路（バス路線）のレイヤーごとに改良案を提示する．また現状のアクセシビリティ分析との比較を行うことで，改良による変化と効用について検証する．

	下り方向（建物点→中心市街地）		上り方向（中心市街地→建物点）	
	平均値	最大値	平均値	最大値
非高齢者	15.31	37.80	25.26	61.19
高齢者	18.37	46.69	31.21	75.43

（分）

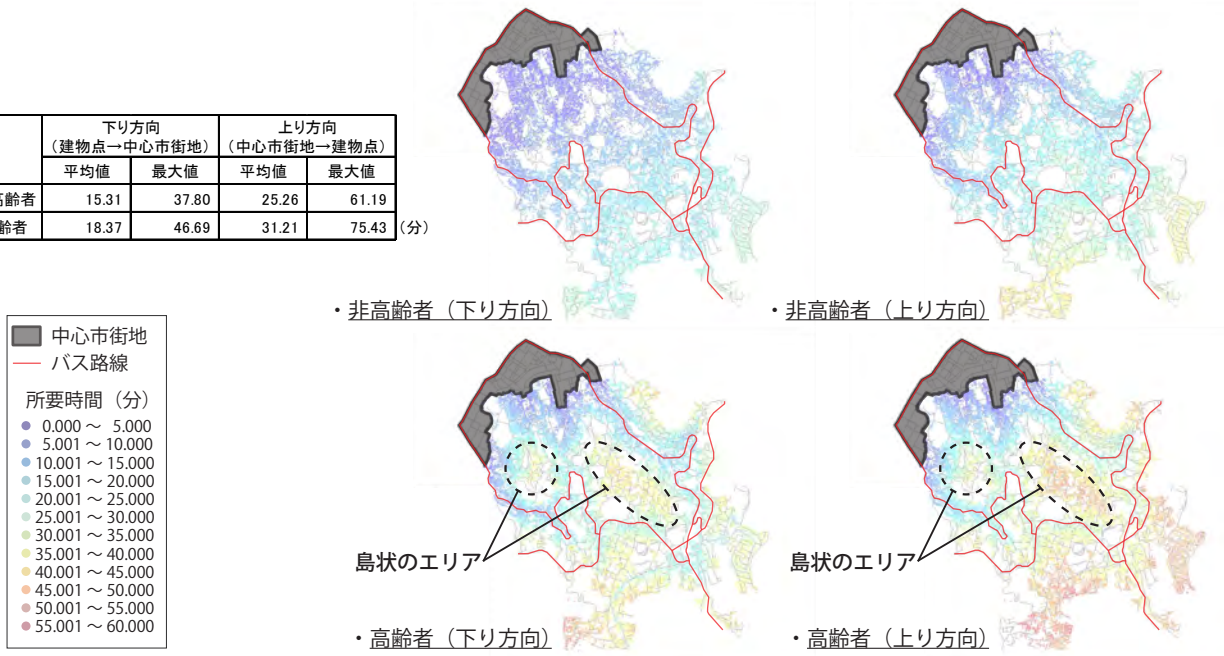
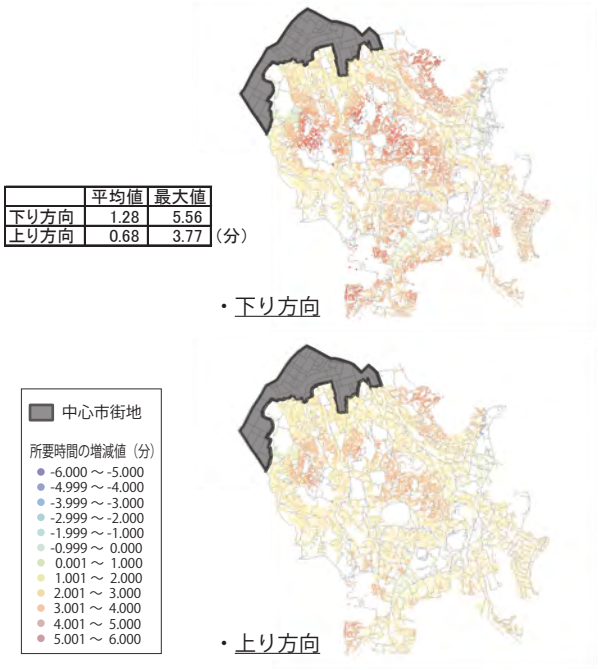


図 -9　建物点⇔中心市街地の所要時間（非高齢者・高齢者）



	平均値	最大値
下り方向	1.28	5.56
上り方向	0.68	3.77

（分）

図 -10　建物点⇔中心市街地の所要時間の増減

(1) 階段の改良

階段の改良については，すでに触れた「車みち整備事業」が長崎市によって試みられている．図 -7 において特に階段が多く救急車による搬送に時間を要することが確認されたエリア（赤い点線部分）を選び、図 -11 のようにいくつかの階段を通路に改変しつつ，その他は同条件のもとに解析を行った．両ケースを比較すると，全体の平均所要時間は 0.15 分の短縮に過ぎないが、移動に 20 分以上を要する建物点は 1.51% から 0.34% へと減少し、局所的なアクセシビリティの向上に有効であることが確認された。

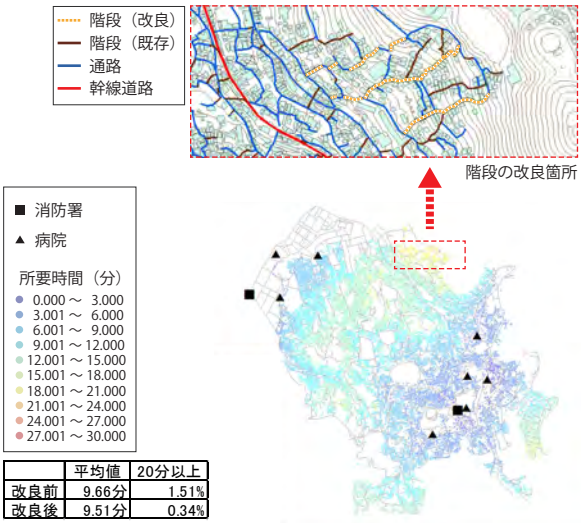
(2) 通路の改良

次に通路の改良によるアクセシビリティの向上について検証する．改良の対象は幹線道路（新峠道）に平行に沿って走る２本の通路（旧峠道）であり，時間帯によって渋滞が発生する幹線道路の迂回路として地域住民に利用されている．現在は互いに逆方向の一方通行規制となっているが，両通路を拡幅して規制を解除したときの所要時間の変化を調べる．なお移動は建物点⇔中心市街地とし，年齢階層は高齢者，移動手段は徒歩＋車（自家用車）とする．

図 -12 に改良対象となる通路の位置と，改良前後の所要時間の分布を示す．また全体の平均所要時間に加えて，対象通路から半径 100m 圏内にある建物点の所要時間についても比較を行った．全体の平均所要時間では上り・下り方向ともに 0.3 分程度の短縮であったが，100m 圏内では下り方向で 1.28 分と大きな改善が確認された．また 100m 圏内でも上り方向は 0.26 分の短縮と効果が低いことから，特に上り方向の一方通行規制が敷かれている対象通路②において，規制解除の効果がより大きいと考えられる．

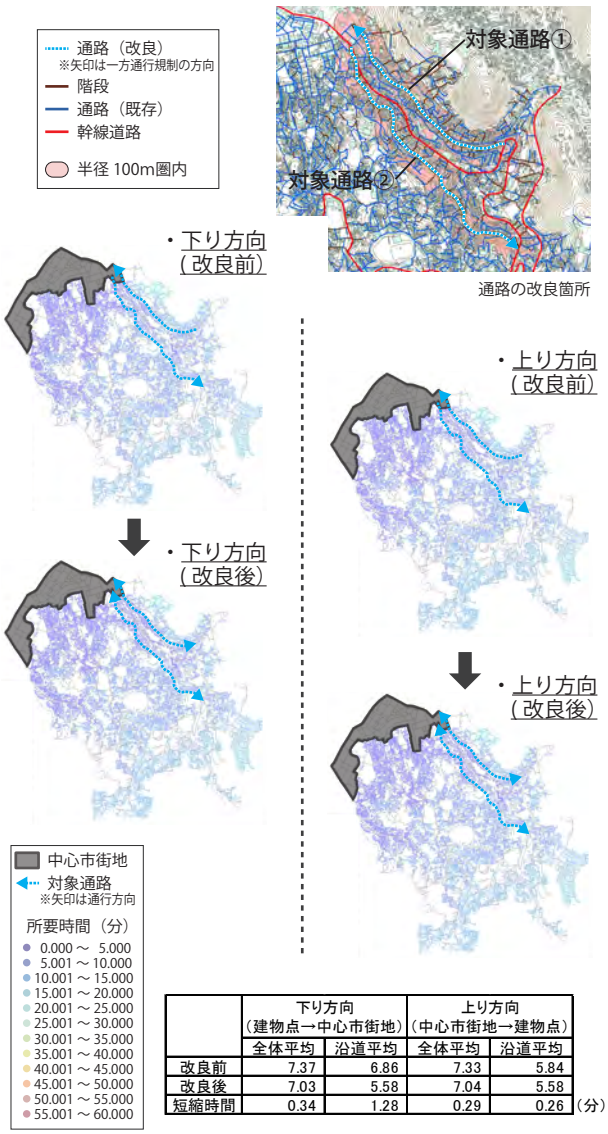
(3) 幹線道路（バス路線）の改良

最後に幹線道路（バス路線）の改良について調べる．ここでは既存道路網に対して，通路を拡幅し新たな幹線道路（バス路線）を設置することによる改善効果を検証す



	平均値	20分以上
改良前	9.66分	1.51%
改良後	9.51分	0.34%

図 -11　消防署→建物点→病院の所要時間（改良案 a）



	下り方向（建物点→中心市街地）		上り方向（中心市街地→建物点）	
	全体平均	沿道平均	全体平均	沿道平均
改良前	7.37	6.86	7.33	5.84
改良後	7.03	5.58	7.04	5.58
短縮時間	0.34	1.28	0.29	0.26

（分）

図 -12　建物点⇔中心市街地の所要時間（改良案 b）

る．既存の幹線道路は環状をなしており，図 -9 のように環の内部で島状にアクセシビリティが低いエリアが確認された．この結果に着目し，環の内部を通りつつ極力地形に沿った経路を２通り選び改良の候補とした．なお比較検証の対象として，図 -9 で示した高齢者の場合における建物点⇔中心市街地の移動（徒歩＋バス）を取り上げる．

図 -13 に２つの改良案に対する，下り方向・上り方向の所要時間の分布を示す．改良の前後を比較すると，どちらの案でも平均所要時間が有意に短縮し，全体的なアクセシビリティの向上に繋がっていると言える．特に新路線②の上り方向では 3.10 分（改良前の 9.93%）の平均時間短縮だけでなく，図 -13 に示す島状のエリアにおける集中的な改善を確認することができた．

６．おわりに

⑴ 本論の総括

本論では，複雑な地形と特徴的な街路構造をもつ長崎市の斜面住宅地において，地形・年齢階層・移動手段といった諸条件を考慮しつつ，生活に欠かせない移動の所要時間（＝アクセシビリティ）の定量的な解析・検証を行った．その結果として，特に以下のことを確認することができた．

- 急勾配の坂道や階段が多いエリアでは局所的なアクセシビリティ低下が起こり，特に年齢階層における歩行能力の差が大きな影響を及ぼす．
- 非高齢者と高齢者では，移動手段の条件が同じでも最短経路や最寄りの施設に違いが生じることがある．
- 地形の高低差に方向性がある場合，下り方向と上り方向ではアクセシビリティに大きな差が生じる．特に徒歩移動の負荷が大きい高齢者の場合，「距離的には近くても遠い」場所や，周囲と比較して島状にアクセシビリティが低くなる場所が発生することがある．

また以上の結果を踏まえてアクセシビリティの変化および改良についての検証を行った．前者では高齢化という避けがたい状況に対して居住者のアクセシビリティがどのように変化するのかを予測し，高齢化によってアクセシビリティの低下が起こるだけでなく，場所によって変化の様相は異なることを明らかにした．後者については，道のレイヤーに応じたスケールの異なる改良案を検証することで以下のことを確認することができた．

- 階段の改良は，極端にアクセシビリティが低いエリアの局所的な改善に対して有効である．
- 通路の改良は，主にその沿道付近のアクセシビリティ改善に対して有効である．
- 幹線道路（バス路線）の改良は，全体的なアクセシビリティの改善に有効であり，特にバス停へのアクセスに問題があったエリアについては大幅な改善が期待できる．

⑵ 今後の展望

本論で示した手法や知見は，持続可能な都市計画やまちづくりを議論するためのプラットフォーム構築における有用性を備えている．ただし５章で取り上げた改良方法については，現実の計画に適用するためにはアクセシビリティ以外の諸条件（改良工事に要するコストなど）も同時に考慮しなければならない．また所要時間の分析結果は対象地に詳しい筆者らの実感に即したものであったが，今後居住者一人ひとりに役立つ情報として提供するためには，より詳細な居住環境の調査や客観的な精度の検証を行うとともに，データの作成と解析の方法にフィードバックしていく必要があると考えている．

＜謝辞＞
本研究は東京大学空間情報科学研究センターの空間データ利用を伴う共同研究（No. 478）による成果を含む。

	下り方向（建物点→中心市街地）		上り方向（中心市街地→建物点）	
	平均値	短縮時間	平均値	短縮時間
改良前	25.26	–	31.21	–
路線①	23.12	2.14	30.59	0.62
路線②	23.50	1.76	28.11	3.10

（分）

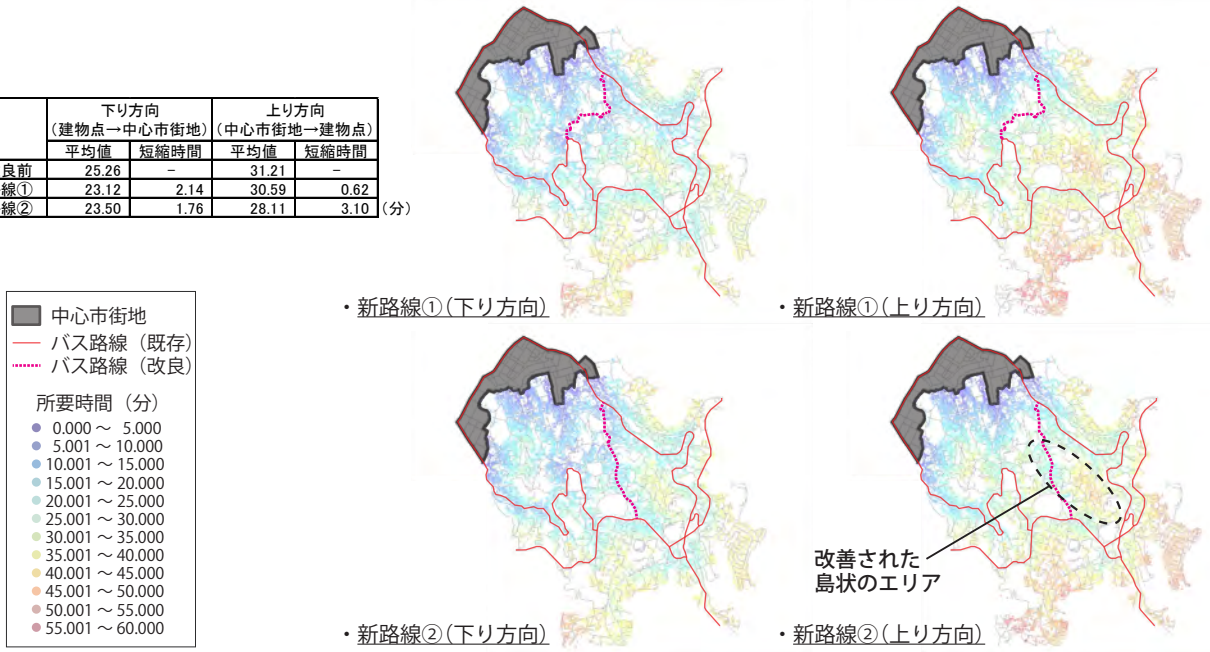


図 -13　建物点⇔中心市街地の所要時間（改良案 c）

【補注】

(1) 長崎の斜面住宅地は旧グラバー邸や唐人屋敷跡などの歴史的・文化的な遺産を数多く有するほか，「世界新三大夜景」とされるなど景観的な評価も高い．

(2)「車みち整備事業」とは，車が通れない狭隘な道や階段を通行可能な構造に整備する事業であり，この他にも斜行エレベーターや斜面移送システム（簡易的なモノレール）など，斜面住宅地のアクセシビリティ改善のためにハード面における対策が実施されている．

(3)「自然共生区域」の指定基準は「勾配が 15 度を超える傾斜地が過半を占める区域」とされているが，土地の傾斜と利便性の具体的な関係性には言及がない．

(4) 対象範囲の内外にまたがる街路や範囲外の施設の影響をできる限り小さくするため，尾根によって扇状に囲まれる 42 町丁を対象として選定した．

(5) 使用したデータは，北海道地図「GISMAP for Road ver.1.10」の道路中心線,国土地理院「基盤地図情報（縮尺レベル 2500)」の建物の外形線，および「基盤地図情報（数値標高モデル）5 mメッシュ」である．またデータ内に描画されていない通路や階段，バス停などの情報については適宜追加した．

(6) 本論で使用する「代謝的換算距離」の算定式は参考文献 8) を参照している．

$$r(x) = 3.113e^{4.614x} \qquad \cdots①$$

$$L_m = L_p \times \frac{r(x)+1.2}{r(0)+1.2} \times \frac{S_0}{S} \quad \cdots②$$

となる．上記文献より引用した式①の左辺はエネルギー代謝率であり，経路勾配 x の関数となっている．ここで上り／下りの負荷の違いを表すために，移動方向によって x の正負を逆にして計算する．式②の左辺 L_m が代謝的換算距離であり，右辺の L_p は経路距離，また S_0 は歩行の基準速度 4km/h，S は年齢階層による歩行速度（本論では表 -2 に示す値）である．また上記文献にならって以下の規則を設定した．

・高齢者の場合，-11% を下回る下り勾配は上り勾配と同等の負荷となるものとする．

・階段については上りの $r(x)$ の値を 10（約 25% の勾配相当），下りの場合は非高齢者は 2.5（約 17% の勾配相当）とし高齢者は上り同様に 10 に固定した．

(7) 対象地の主要なバス路線は，〈稲佐山－愛宕町－田上・唐八景・茂木線〉と〈神の島－大浦－田上線〉の２線である．これらの 2020 年 4 月時点での時刻表によると，平日 9 時～ 17 時における 1 時間あたりのバスの運航本数は概ね 5 ～ 7 本であった．そこで 1 時間あたり 6 本のバスが等間隔で 10 分おきにバス停に到着すると仮定する．また移動者はバス停にランダムに到着すると想定し，平均的な待ち時間として 5 分と設定した．

(8) 使用したデータは，シンフォニカ「平成 22 年国勢調査町丁・字等別集計データセット」と，国立社会保障・人口問題研究所「将来の生残率，純移動率，子ども女性比と 0-4 歳比」である．

【参考文献】

1) 鳥海重喜（2014 年),「福岡市におけるフードデザート問題の分析」，都市計画論文集 ,Vol.49 No.3，pp.993-998

2) 讃岐亮・鈴木達也・吉川徹（2013 年),「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対象にして－」，日本建築学会計画系論文集 ,Vol.78 No.36，pp.149-157

3) 溝口秀勝・山川仁（2001 年),「斜面住宅地における勾配を考慮した徒歩移動に関する研究」，日本都市計画学会学術研究論文集 ,No.36，pp.841-846

4) 髙見淳史・木澤友輔・大口敬（2007 年),「個人属性・地形要因を反映した徒歩・自転車による日常的活動機械へのアクセシビリティに関する研究 －多摩ニュータウン初期開発地区を例として－」，都市計画論文集 ,No.42-3，pp.919-924

5) 長崎市（2017 年),「長崎市空家等対策計画」,https://www.city.nagasaki.lg.jp/sumai/620000/629000/p029144_d/fil/02_01_taisaku_full.pdf,2020 年 4 月

6) 川並亮太・安武敦子（2012 年),「長崎市の斜面住宅地の形成過程と生活実態」，日本建築学会九州支部研究報告 ,No.51，pp.569-572

7) 長崎県土木部（1983 年),「長崎防災都市構想策定調査報告書」より引用

8) 佐藤栄治・吉川徹・山田あすか（2006 年),「地形による負荷と年齢による身体能力の変化を勘案した歩行換算距離の検討 －地形条件と高齢化を勘案した地域施設配置モデル その１－」，日本建築学会計画系論文集 No.610，pp.133-139

9) 佐藤栄治・吉川徹・山田あすか（2008 年),「歩行換算距離を用いた施設配置と住み替えによる地域生活継続可能性の検討 －地形条件と高齢化を勘案した地域施設配置モデル その２－」，日本建築学会計画系論文集 No.625，pp.611-618

10) 国土交通省,「平成 22 年度道路交通センサス」,http://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/data/pdf/kasyo42.pdf,2020 年 4 月