

## 移動抵抗を用いた立体的都市空間のアクセス性能評価 : 移動困難者の利用を想定した福岡市天神地区のケーススタディ

荒瀬, 祐太郎  
九州旅客鉄道株式会社

鶴崎, 直樹  
九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門 : 准教授

<https://doi.org/10.15017/1807160>

---

出版情報 : 都市・建築学研究. 30, pp.25-32, 2016-07-15. Faculty of Human-Environment Studies, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :

## 移動抵抗を用いた立体的都市空間のアクセス性能評価 —移動困難者の利用を想定した福岡市天神地区のケーススタディ—

### An Assessment of Accessibilities for 3-dimensional Urban space by using Transfer resistance —Case study on Tenjin of Fukuoka city from view of Mobility handicapped—

荒瀬祐太郎\*, 鶴崎直樹\*\*

Yutaro ARASE and Naoki TSURUSAKI

Nowadays, urban space has become to multilayer by the appearance of skyscraper and underground shopping center. And buildings are connected 3-dimensionally by a passageway. But 3-dimensional city has many up and down moves. Therefore, there are difficulties for mobility handicapped. The purpose of this paper is to propose an analytic method of accessibility for 3-dimensional city. By using the method, this paper analyses pedestrian space from view of mobility handicapped, and show the characteristics and issues. And then, this paper shows improvement method of convenient 3-dimensional pedestrian space from case study on Tenjin of Fukuoka.

*Keywords: Transfer resistance, 3-dimensional pedestrian space, Accessibility, Mobility handicapped, Tenjin*

移動抵抗, 立体的歩行空間, アクセス性能, 移動困難者, 天神地区

#### 1. はじめに

##### 1.1 研究の背景

近年、少子高齢化やそれに伴う人口減少の進展、都市のスプロール化や大規模店舗の郊外立地による中心市街地の衰退が多くの都市で課題となっている。都心部に人を惹きつけ、賑わいを創出するためには、商業やコミュニティの活性化のみならず、歩行者の回遊性や浸透性を高める快適な歩行空間の整備も重要である。

都心部に注目すると、現代の都市空間は高層ビルや地下街の出現により多層化され、また建物間も連絡通路などで接続されており、内部空間が立体的に繋がっている。そしてこれらの立体的な歩行空間は都市の回遊性や浸透性を高め、賑わいの創出に寄与していると言える。

しかしその一方で、立体化された都市は上下移動が多く移動困難者にとって負担となっており、また今後は高齢化の進展により移動困難者の来街者数が増加することが予見される。このことから、今後は誰もが利用しやすいユニバーサルデザインの理念に基づいた都市空間を整備していくことが求められる。そのためにも、現在の都市空間の状態を把握することが重要となる。

##### 1.2 研究の目的

前述の背景より、本研究では以下の3つを目的とする。

- 1) 都心部の立体的な歩行空間におけるアクセス性能を評価するための手法を提案する。
- 2) 福岡市天神地区を対象に、移動困難者の観点から見た歩行空間の特性や課題を明らかにする。
- 3) 都心部におけるより利便性の高い立体的歩行空間整備への方向性を提示する。

##### 1.3 研究の位置づけ

都市の歩行空間を評価した研究のうち都心の回遊性に関するものには、施設内休憩空間の配置構成と歩行者動線の関係に着目した長らの研究<sup>1)</sup>や、都市の要件を整理し日本における walkable neighborhood の地域像を示した藤本らの研究<sup>2)</sup>、中心市街地の物的環境から回遊性を評価した武田らの研究<sup>3)</sup>、都市空間をグラフ化し歩行者に着目して回遊行動の評価を行った宗政らの研究<sup>4)</sup>などがある。

また、地下街に着目し評価を行った研究には、地下通路の変遷や実態、回遊行動における役割を明らかにした伊藤らの研究<sup>5)</sup>や、歩行者の停留・滞留行動から空間特性を明らかにした松本らの研究<sup>6)</sup>、公的領域における歩行者の浸透性を評価する手法を提案し検証した吉田らの研究<sup>7)</sup>、地下街路空間の接続状態から性能評価を行った上原らの研究<sup>8)</sup>などがある。

\* 九州旅客鉄道株式会社

\*\* 都市・建築学部門

しかし、昇降設備の利用した上下移動による身体的負担を考慮し、歩行経路全体の評価を行った研究はなされていない。本研究は昇降設備による上下移動を含めた、立体的歩行空間全体を通したアクセス性能を評価するものであり、既往研究とは異なる視点と独自性を有すると言える。

## 2. 研究の方法

### 2.1 研究のフロー

まず、本研究における歩行空間について定義する。そして現地調査を行い、歩行空間の平面図を作成する(2章)。また、アクセス性能を評価する指標を定義し、評価手法の構築を行う(3章)。次に構築した手法を用いて研究対象地におけるアクセス性能の評価・分析を行う。これにより現況を把握し、研究対象地の特性や課題を明らかにする(4章)。そして評価・分析をもとにケーススタディとして空間整備の提案を行い、有効性について考察する。(5章)。最後に研究の総括を行う(6章)。

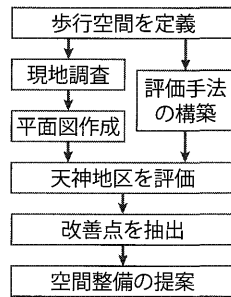


図1 研究のフロー

図1 研究のフロー

### 2.2 本研究における歩行空間

本研究では都心部における立体的な歩行空間を対象としており、歩道や公開空地等の屋外空間だけでなく、地下街や商業施設内の共用通路など屋内空間も対象となる。そこで歩行空間を、屋内外に関わらず人々が障害無く自由に移動できる領域と定義する(表1, 図2)。

### 2.3 研究の対象地

本研究では、福岡市中央区天神1・2丁目と天神地下街の出入口がある街区を対象とする(図3)。

福岡市天神地区は、市中心部に福岡空港が存在するため、航空法の制限表面による建物等設置の制限によって建物高さが標高70m程度に制限されている。そのため超高層ビルは存在しない。しかし、多くの大規模商業施設やオフィスビルが天神地下街を介して地下通路によって接続されており、建物間も連絡通路によって接続されているため、立体的な内部空間を持った街となっている。

また対象範囲に存在する建物のうち、天神地下街及び地下鉄駅コンコースと地下通路により接続している商業施設・オフィスビル・行政施設を屋内空間の対象とする。

## 3. 歩行空間の評価手法

### 3.1 現地調査に基づく分析対象の空間情報整理

対象地の歩行空間について現況を把握するため、現地調査を行った。現地調査では、各建物の避難経路図やフロアマップを入手し、階段やエスカレーター等昇降設備の位置・段数を調べた。

表1 本研究における歩行空間

■ 屋内の歩行空間	: 共用通路・階段・地下街など
■ 半屋外の歩行空間	: ピロティ・アーケードなど
■ 屋外の歩行空間	: 歩道・公開空地・公園など
対象外エリア(屋内)	: 店舗専有部・オフィスなど
対象外エリア(屋外)	: 車道・駐車場・水面など

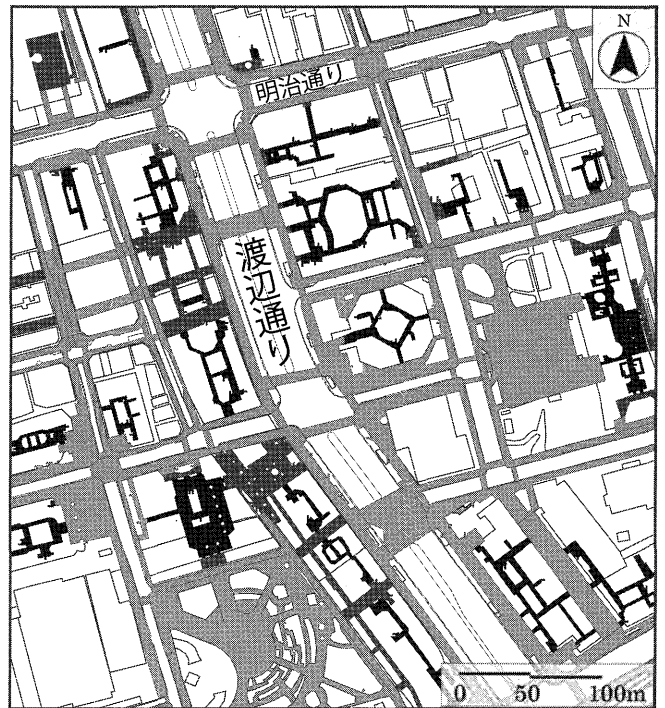


図2 歩行空間の例(1階拡大・部分)

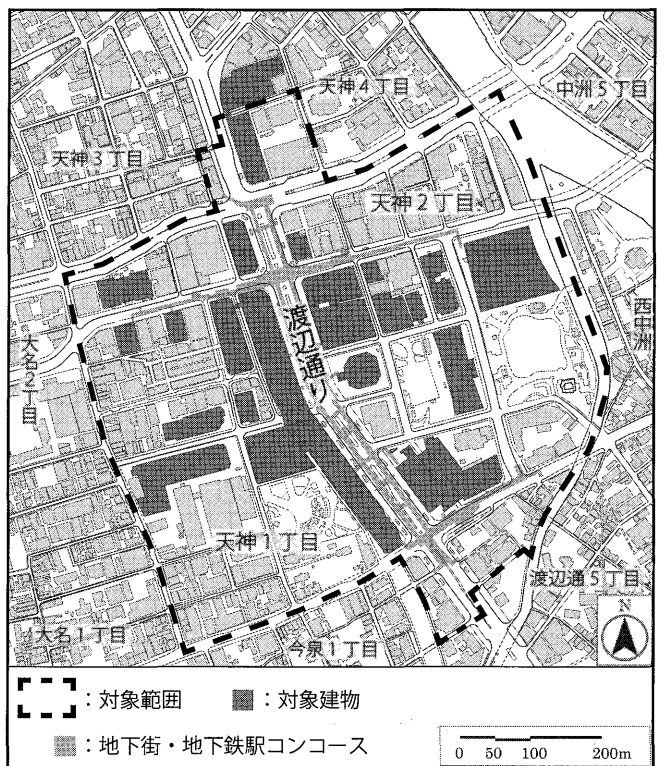


図3 対象範囲

エスカレーターの段数については、各エスカレーターそれぞれで10段動く時間を計測して1段の移動時間を割り出し、全体の移動にかかる時間を割ることで、各々の段数を割り出している。また、階段は無いがエスカレーターは設置されている建物のエレベーター段数については、階段とエスカレーターの両方が存在する7つの建物を対象にエスカレーター段数と階段段数の比を求め、その平均の値を利用することで階段相当段数を推定している。

### 3.2 分析用平面図の作成

3.1による現地調査と国土交通省国土地理院の基盤地図情報をもとに地理情報システムソフトウェア (ArcGIS) を用いて歩行空間の平面図を作成した。

### 3.3 アクセス性能の定義

本研究では、アクセス性能を歩行空間の各地点から最寄りの交通節点までの最短の移動距離 (≒移動抵抗) [m] と定義する。移動抵抗の低いところほど、アクセス性能が高いことを示す (図4)。

### 3.4 水平距離の算定手法

水平距離の算定においては、後述する2つの利点から、歩行空間の平面図を1mのメッシュに区切り、起点から隣接セルへ移動していく距離の累積によって水平距離を算定する手法を用いた。隣接セル間の移動距離は、セルから上下左右方向への移動では1m、斜め45° (対角) 方向へは約1.414mである (図5)。

#### 1) 線分でなく面により起点からの距離が算定可能 (図6)

セルの中心をつなぐ線分によりルートを設定し距離を算定する場合、等距離の複数ルートが発生し算定が複雑になる。また、その際、設定するルートが斜め方向への

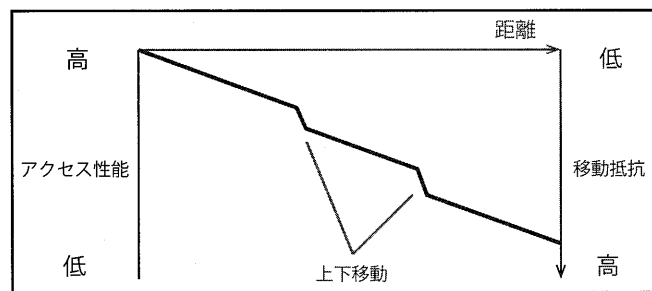


図4 移動抵抗とアクセス性能の関係

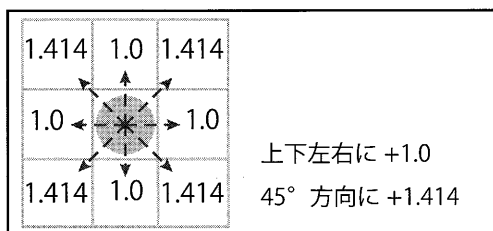


図5 水平距離算定モデル

移動がなく必ずしも最短経路とならない。しかし今回用いた手法による場合にはこうした課題が解消される。

#### 2) セルごとに通過可能・不可が設定可能 (図7)

この手法では、通行不可なセルを設定した場合にそのセルを回りこんで距離を算定することが可能である。

### 3.5 移動抵抗への換算

昇降設備を利用した上下移動を含む歩行運動を定量的に表す指標には、代謝当量 (METS) など時間あたりのエネルギー消費量を基準としたものがある。本研究では距離を基準単位として定量的に換算するために、大島らによる研究<sup>9)</sup>より水平歩行距離を基準に鉄道利用者の乗換時における移動抵抗を示した「乗換抵抗算定式」を用いた (式3)。

$$E = X_1 + 0.636X_2 + 1.418N_1 + 0.831N_2 + 0.564N_3 + 0.424N_4 + 0.291N_5 \quad \dots \text{式3}$$

( $E$ : 乗換抵抗 [m],  $X_1$ : 水平距離 [m],  $X_2$ : 動く歩道の水平距離 [m],  $N_1$ : 上り階段 [段],  $N_2$ : 下り階段 [段],  $N_3$ : 標準エスカレーター (30m/分) [段],  $N_4$ : 高速エスカレーター (40m/分) [段],  $N_5$ : エレベーター [段] (階段相当))

この式は、水平歩行距離1mを単位エネルギー消費量として昇降設備を利用した上下移動を水平距離に換算

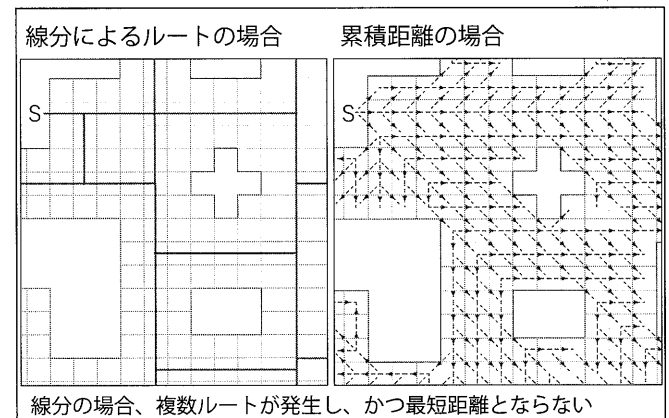


図6 累積距離算定方法の比較

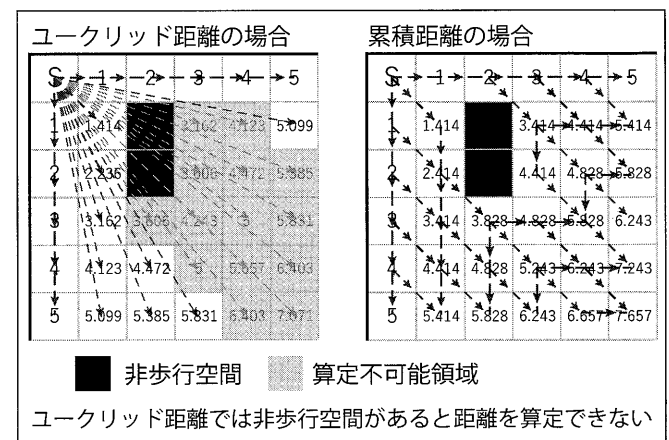


図7 累積距離算定方法の比較

し、総移動距離を表したものである。

### 3.6 GISを用いた移動抵抗の算定

移動抵抗は、GISのツールと乗換抵抗算定式を用いて算定を行った。ArcGISのSpatial Analystコスト距離ツール<sup>注1</sup>を用いて水平移動の累積距離を算出し、昇降設備がある地点では乗換抵抗算定式を用いて算出した値を累積コスト距離に加算し、移動先のフロアでの起点の値としている。移動抵抗のモデルを図に示す(図8)。

## 4. 福岡市天神地区の評価・分析

福岡市天神地区を対象に、歩行空間の各地点から最寄りの交通結節点までの最小の移動抵抗を算定することで、アクセス性能を評価し、分析を行った。

### 4.1 対象となる交通結節点

路線バスは停留所の数が多く対象範囲全体に分布しており、今回用いる手法では条件ごとの差異が出ない。またタクシーは乗降場所が定まっていない。これより、本研究では軌道系公共交通利用者を対象とし、西日本鉄道

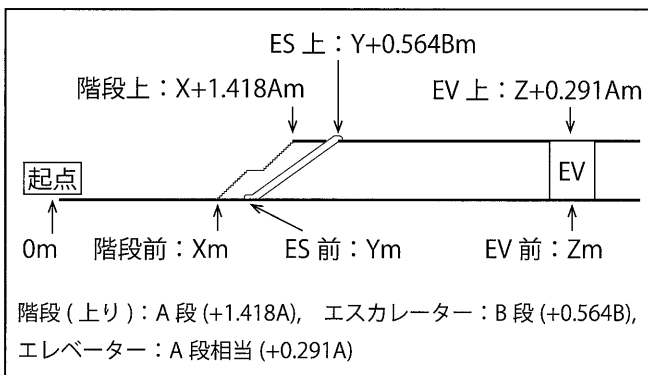


図8 移動抵抗モデル(断面)

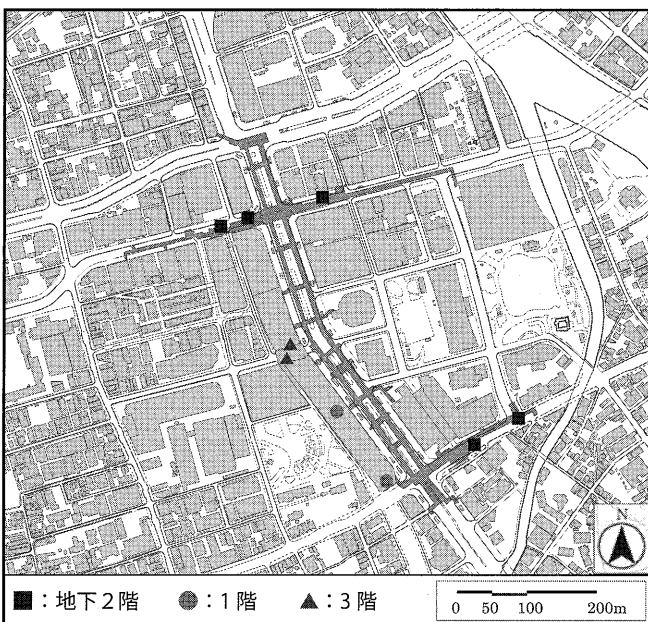


図9 起点となる交通結節点の改札位置

天神大牟田線西鉄福岡(天神)駅、福岡市地下鉄空港線天神駅、福岡市地下鉄七隈線天神南駅を交通結節点として用いる。また、移動抵抗の算定において、各駅の改札出口を起点として用いる(図9)。

### 4.2 現状評価

福岡市天神地区における現状の歩行空間のアクセス性能を明らかにするため、健常者が歩行空間を利用する想定で現状の評価・分析を行った。移動抵抗を算定した結果が図10である。これを見ると、天神地区の中心を南北に走る渡辺通の東側より西側のほうが、アクセス性能が高い傾向が見られる。これは起点が西側に寄っていることによると考えられる。

また、すべての起点を同一平面上に置き、起点からの直線距離を算出した移動抵抗(図11)と比較し差を求めた(図12)。この差が大きいほど、経路が遠回りしていると言える。これを見ると、福岡ビルのある街区では起点である福岡市地下鉄天神駅東口と近いわりに、どのフロアレベルでもアクセス性能があまり良くないことが見て取れる。これは福岡ビルと天神駅コンコースの接続通路が改札口から遠いことによると考えられる。

### 4.3 移動困難者の場合

移動困難者(非車いす利用者)が歩行空間を利用する場合を想定し、評価・分析を行った。このケースでは、階段と4車線以上の横断歩道を利用しないとする。西鉄福岡(天神)駅の中央口・南口は階段でしかホームにアクセスできないので起点として用いない。移動抵抗を

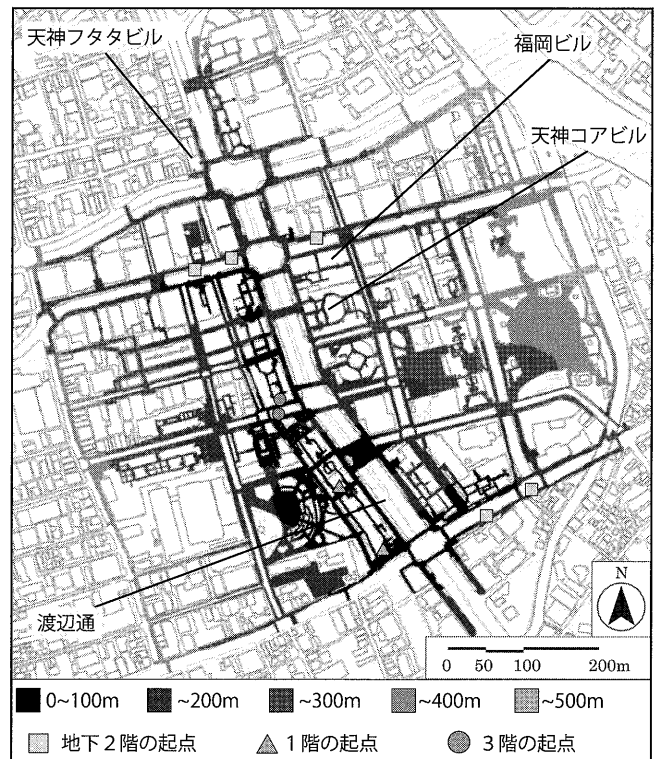


図10 現状の移動抵抗[m](1階)

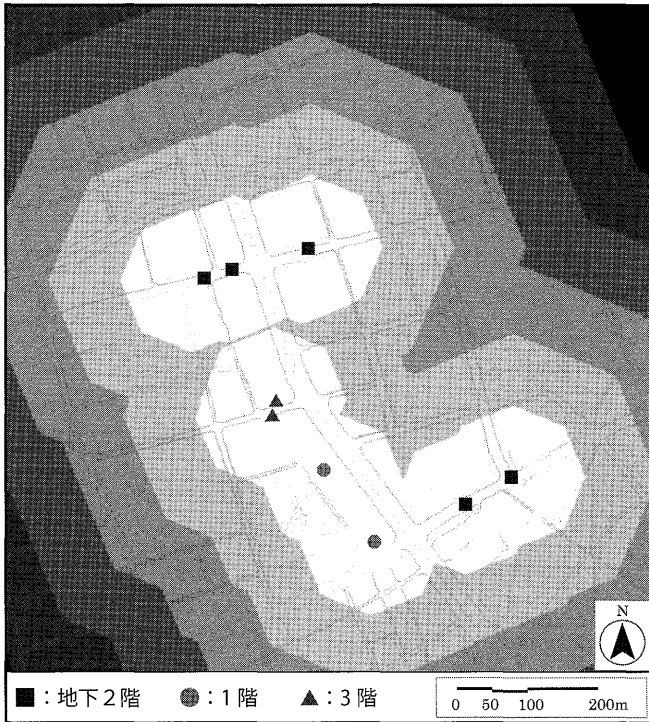


図 11 各交通結節点からの直線距離

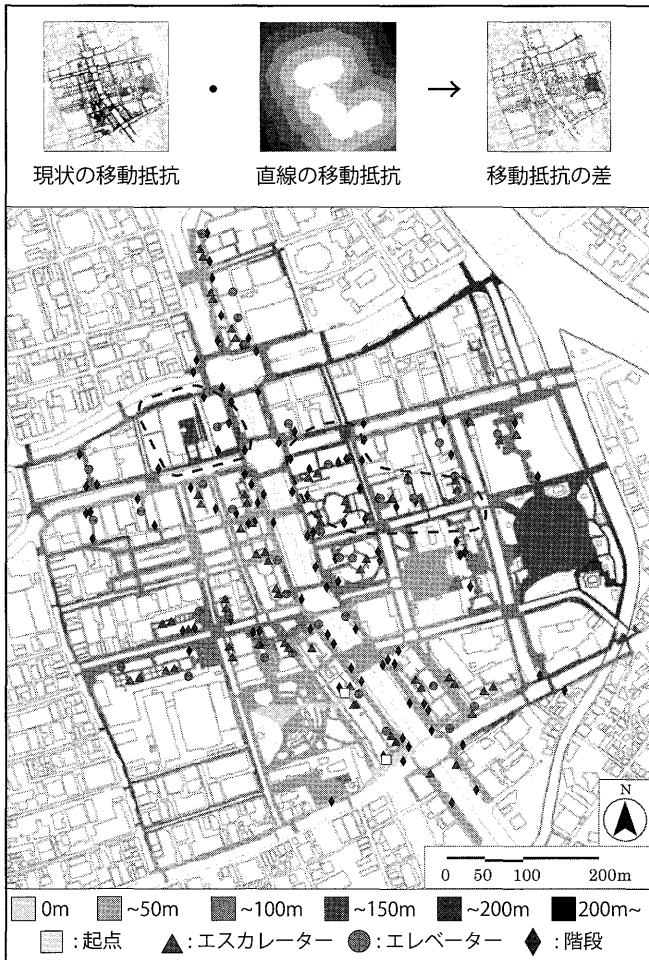


図 12 直線距離との差 [m] (1階)

算定し、現状評価の場合と比較して移動抵抗の増加量を求めた (図 13)。

渡辺通西側や2階・3階フロアはその多くの部分でアクセス性能の低下が見られないが、東側は大きくアクセス性能が下がっている。また西鉄福岡(天神)駅の中央口・南口付近は起点が無くなったためアクセス性能が低くなっており、その他の部分は最短経路が階段・4車線以上の横断歩道を利用したルートであったことからアクセス性能が低くなっている。さらに、天神フタタビのある天神3丁目の街区にはアクセスできなくなっている。これら特にアクセス性能が低下している箇所に昇降設備を整備することが、アクセス性能の改善に効果的であると考えられる。

また車椅子利用者を想定し、階段とエスカレーター、4車線以上の横断歩道を利用しないとした場合、移動可能範囲は大幅に狭くなることがわかった (図 14)。

#### 4.4 地下街によるアクセス性能への効果

天神地区では地下街が渡辺通東西地区間の移動に寄与していると考えられることから、天神地下街が存在しないという想定で歩行空間から地下街を除外し (図 15)、評価・分析を行った。その他の条件は移動困難者の場合



図 13 移動困難者の場合の移動抵抗の増加量 [m] (1階)

と同じである。移動抵抗を算定し、移動困難者の場合と比較して移動抵抗の増加量を求めた(図16)。

このケースでは、渡辺通東側の福岡ビルや天神コアビル周辺でアクセス性能が大きく低下している。また、アクセス出来ない区画がさらに増えており、渡辺通の東西が分断されている。これより、天神地下街は天神地区のアクセス性能向上に寄与していると言える。

## 5. 空間整備の提案

本章では、歩行空間のアクセス性能を向上させる空間整備を提案し、その有効性について分析を行う。

### 5.1 歩行者天国を実施した場合

都心の大通りを歩行者天国化することで、街のにぎわ

い創出や回遊性の向上に寄与するとされる。そこで歩行者天国を実施した場合を想定し、評価・分析を行った。このケースでは天神地区の東西の繋がりを考慮し、渡辺通や福岡市役所前などを歩行者天国化した(図17)。その他の条件は移動困難者の場合と同じである。移動抵抗を算定し、移動困難者の場合と比較して移動抵抗の改善

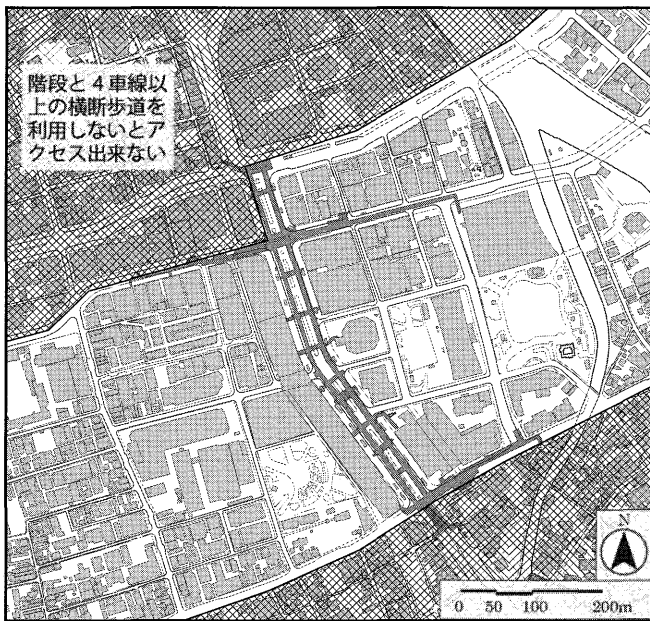


図14 車椅子利用者の移動可能範囲

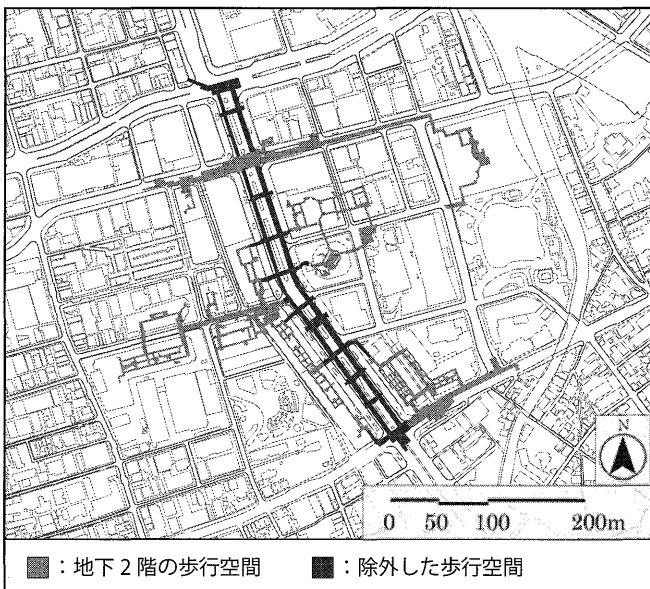


図15 除外した地下街空間



図16 地下街がない場合の移動抵抗の増加量 [m] (1階)

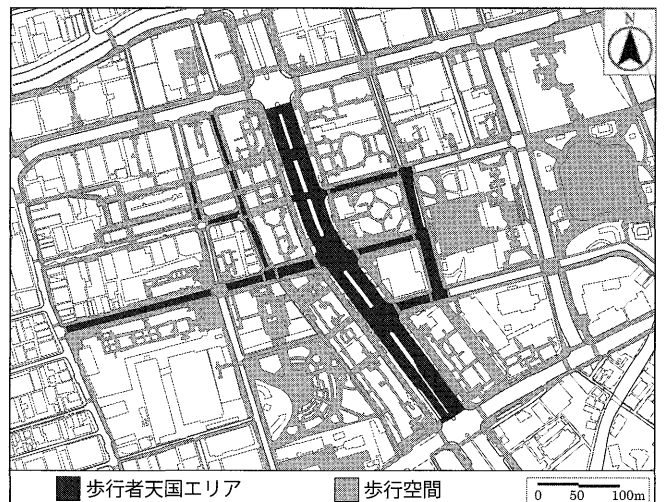


図17 歩行者天国の範囲 (1階, 拡大)

距離を求めた(図18)。

歩行者天国の実施により、移動困難者の場合でアクセス性能が低下していた福岡ビル周辺や福岡市地下鉄天神駅コンコースとの接続部でアクセス性能が改善されている。しかし、西側や北側のエリアでは変化がほとんど見られない。これより、歩行者天国の実施によるアクセス性能の改善効果は一部エリアに留まるが、賑わいや東西の繋がりを創出できると考えられる。

## 5.2 昇降設備を整備した場合

移動困難者の場合で得られた改善が求められる場所に、エスカレーターやエレベーターを整備した場合を想定し評価・分析を行った。その他の条件は移動困難者の場合と同じである。移動抵抗を算定し、移動困難者の場合と比較して移動抵抗の改善距離を求めた(図19)。

昇降設備の整備により、主に1階レベルで大幅にアクセス性能が改善されていることが見て取れる。特に、福岡市地下鉄天神南駅5番出口に昇降設備を整備したことによる改善効果が大きい。また、移動困難者の場合ではアクセス出来なかった区画にもアクセス可能となっている。これらの場所に昇降設備を整備することで天神地区が誰にとっても利用しやすい街になると思われる。

## 6. まとめ

本研究では、都心部の立体的な歩行空間におけるアクセス性能を評価する手法を確立することができた。地下街や連絡通路によって多くの建物が繋がり、立体的に歩行空間が広がっている福岡市天神地区を対象に評価・分析とケーススタディを行った結果、以下の点においてこの手法が有効であると言える。

- 1) 上下移動を定量化しフロア間の移動を考慮した、歩行経路全体でのアクセス性能の評価が可能
- 2) 空間整備の必要性がある箇所の判別が可能
- 3) 効果的な空間整備の手法や整備箇所の選定が可能

今後の課題として、以下の点があげられる。

- 1) バスやタクシーなど他の交通機関を考慮したアクセス性能の評価
- 2) 路面材質や周辺環境など、場所ごとの違いを換算して移動抵抗に反映させる指標の選定
- 3) 移動困難者へのヒアリングによる移動実態の把握

本研究では全歩行空間に対しアクセス「性能」を備えること前提として評価したが、利用者数や空間の重要性等を考慮したアクセス性能評価も重要であることから今後の課題としたい。



図18 歩行者天国化による移動抵抗の改善量 [m] (1階)

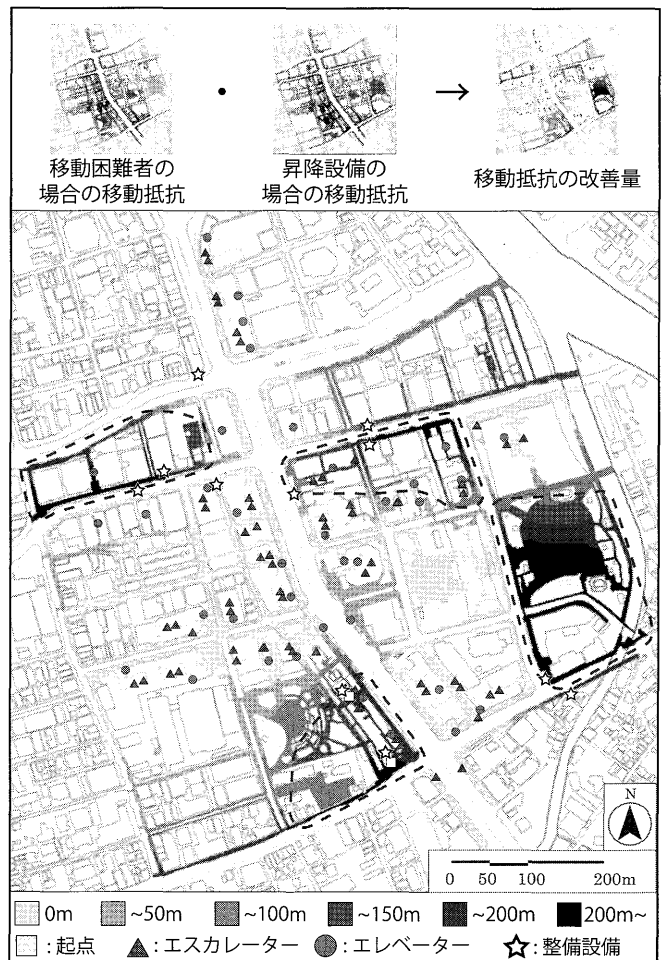


図19 昇降設備整備による移動抵抗の改善量 [m] (1階)



注1 ArcGIS Spatial Analyst コスト距離ツールは、ソースラスタ（目的地）とコストラスタ（範囲とコスト）を用いて、コストラスタ上においてソースセルに最も低い累積コストで到達する経路の距離（最小累積コスト距離）をセルごとに計算し、出力ラスタを作成するツールである。本研究においては、ソースラスタは交通結節点など移動の起点となるセルを表すラスタデータを意味し、フロアごとに移動の起点となる点を1m角で作成して1mメッシュのラスタへ変換しソースラスタとしている。コストラスタは歩行空間の範囲を表すラスタデータであり、2章で作成した歩行空間の平面図を1mメッシュのラスタへ変換し、コストラスタとしている。また、コストとは移動にかかるコスト（負荷・経費・労力など）であり、水平歩行の移動コストは1としている。

このツールではコストの値が設定されていないセル（値=NoData）は通過できないようになっている。そのため、非歩行空間のコストをNoDataとすることで最短経路の距離を算定することができる。また、ソースセルの累積コスト距離はそのセル自体に戻るための累積コストが0であることから0となる。

#### コスト距離算出の仕組み

このアルゴリズムは、各セル中心のノードとそれを結ぶリンクの関係によって算出されている。

セル1から隣接する上下左右のセル2に移動する場合、移動コスト $a1$ はセル1のコストにセル2のコストを加算し、2で除算した値となる（式4・図20）。

$$a1 = (\text{cost}1 + \text{cost}2) / 2 \quad \dots \text{式4}$$

セル1から隣接する対角方向のセル3へ移動する場合は、移動コスト $a1x$ はセル1のコストとセル3のコストの合計を $\sqrt{2}$ で乗算し、2で除算した値となる（式5・図21）。

$$a1x = \sqrt{2}(\text{cost}1 + \text{cost}3) / 2 \quad \dots \text{式5}$$

#### 【参考文献】

1) 長聡子, 出口敦「都心部における施設内休憩空間群の配置構成と利用に関する研究 —福岡市天神地

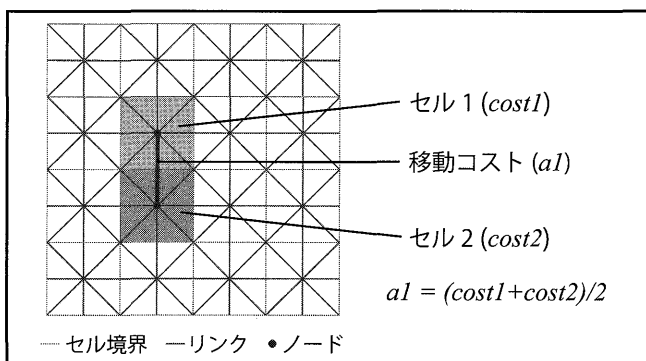


図20 上下左右方向への移動コスト

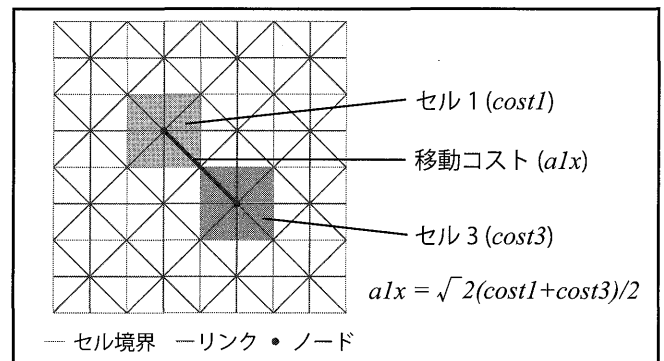


図21 対角方向への移動コスト

区の場合—」日本建築学会計画系論文集 第596号, pp.123-129, 2005年10月

2) 藤本慧悟, 武田裕之, 有馬隆文『「walkable neighborhood」としての都市の要件と評価 その2』日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）, 2011年8月

3) 武田裕之, 有馬隆文, 藍谷鋼一郎「九州5都市の中心市街地における回遊性能の相対評価」日本都市計画学会都市計画論文集 Vol.47 No.3, pp391-396 2012年10月

4) 宗政由桐, 新井崇俊, 今井公太郎「街路ネットワークを用いた都市空間における回遊行動の評価の試み—媒介中心性と建築物の属性の関係—」日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）, 2014年9月

5) 伊藤夏希, 長聡子, 出口敦, 「福岡市天神地区における地下歩行ネットワークの構成と役割」日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）, 2005年9月

6) 松本直司, 船曳悦子「地下街における歩行者の停留・滞留行動と空間条件との関係」日本建築学会計画系論文集 第660号, pp321-326, 2011年2月

7) 吉田健志, 有馬隆文, 坂井猛, 鶴崎直樹「都市の公的領域における浸透性に関する研究」日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）, 2012年9月

8) 上原直人, 鶴崎直樹, 趙世晨「都市地下空間の性能評価に関する研究：天神地下空間を対象として」日本建築学会九州支部研究報告 第54号, 2015年3月

9) 大島義行, 松橋貞雄, 三浦秀一「鉄道駅における乗換抵抗に関する基礎的研究」土木学会土木計画学研究・講演集 No.19(2), pp701-704, 1996年11月

（受理：平成28年6月9日）