

## 媒介中心性を用いた福岡市都心部の立体的歩行ネットワーク環境評価

許, 天心

九州大学大学院人間環境学府都市共生デザイン専攻 : 博士後期課程

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

高, 晨軒

九州大学大学院人間環境学府都市共生デザイン専攻 : 博士後期課程

<https://doi.org/10.15017/6788788>

---

出版情報 : 都市・建築学研究. 43, pp.1-9, 2023-01-15. 九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門

バージョン :

権利関係 :



# 媒介中心性を用いた福岡市都心部の立体的歩行ネットワーク環境評価 Evaluation of Three-dimensional Walking Network Environment Using Betweenness Centrality in Fukuoka City Central Area

許天心\*, 鶴崎直樹\*\*, 高晨軒\*  
Tianxin XU, Naoki TSURUSAKI, Chenxuan GAO

In the Tenjin area of Fukuoka City, where commercial and business functions are concentrated, a three-dimensional walkway network has been constructed not only between the ground and underground networks but also on the ground with connecting pathways between facilities built over the streets through cooperative development by private companies. This study confirms the characteristics and effectiveness of this three-dimensional walking network through the construction of three-dimensional walking network data, drawings display, and quantitative analysis of correlations with actual pedestrian traffic volume using Betweenness Centrality.

Keywords : 3D walking network model, Connecting passage, Pedestrian traffic volume, Traffic node, GIS  
三次元ネットワークモデル, 連絡通路, 歩行交通量, 交通結節点, 地理情報システム

## 1. はじめに

### 1.1 研究の背景と目的

現在、日本には昭和初期、30年代から50年代、そして平成期に整備された約80か所の地下街が東京や地方主要都市の中心市街地や主要駅地区に存在する。また、歩行者通行量の多い都心部においては避難経路や地上交通の緩和に貢献するとともに歩行者への安全性や利便性を向上させる通路が道路管理者より占用許可を得て道路上空に整備された例が多く確認できる。

これら他都市と同様に多くの商業業務機能が集積する福岡市天神地区は、1976年に天神地下街が開業し、沿道の建物がこの地下街に接続され、2005年には市営地下鉄七隈線の開業に合わせこの地下街が延伸された。また、地上では民間企業の協働的開発により連結された大規模商業施設群や道路上空に設けられた施設間連絡通路（以下、上空連絡通路）が整備され立体的な歩行動線ネットワーク（以下、立体的歩行通路網）が構築されている。そして、これら地上および地下、そして道路上空で連結された複数の移動経路がエリア内に存在することから、多くの歩行者の移動利便性の向上に寄与している（図1）。

\* 都市共生デザイン専攻博士後期課程

\*\* 都市・建築学部門



図1 立体的歩行通路網を形成する建物群（天神地区）

そこで本研究は、福岡市都心部の立体的歩行通路網に注目し、その構築過程や連絡部位の特徴を明らかにするとともに、地下街、隣接建物内通路、施設間連絡通路によりもたらされた都心部内の移動に対する有効性を評価し今後の都心エリアの計画とデザインに対する知見を獲得することを目的とする。具体的には、①福岡市天神地

区における立体的歩行通路網の構築過程を整理し、②上空連絡通路を含む施設間接続部の接続形態の類型化と各類型の特徴を把握する。また、③天神地区の立体的歩行通路網における地下通路と上空連絡通路の有効性を明らかにするとともに、④立体的歩行通路網の媒介中心性と歩行通行量との関係について明らかにする。

### 1.2 既往研究および本研究の位置づけ

街路網や街路形態など特性が歩行者の移動行動に様々な影響をもたらすことから、これまでに多くの研究がなされてきた。その中で Space Syntax(SS)は街路(線分)、そしてオープンスペースや諸室等(空間)の連結度合いを評価し得るが<sup>1)</sup>、歩行者の実際の歩行行動や経路長が考慮されないため実歩行交通量の推定に限界がある。また、歩行者の行動観察に基づく経路選択モデル<sup>2)</sup>や、経路幅員、天空率、緑地景観率などをもとに異なる歩行環境の評価体系を確立した効果評価モデル<sup>3)</sup>があるが、これら2つの研究手法は、現地での多大なデータ収集と統計作業が求められ、汎用性に乏しい。

近年では媒介中心性(Betweenness centrality)を指標とする分析による成果も確認され、建物情報を移動起点としてネットワークに反映した Andres Sevtsuk<sup>4)</sup>の研究、新たな移動起点(建物)の接続や重み付けの方法を提案した太田<sup>5)</sup>と熊野ら<sup>6)</sup>の研究、そして街路ネットワークと歩行交通量との関係を分析した長谷川ら<sup>7)</sup>と香港の三次元歩行ネットワークを分析した張霊珠ら<sup>8)</sup>の研究がある。しかしこれらは、建物の用途・規模の影響の取り扱いや調査サンプル数に関する課題がある。また、天神地区構造変遷による街路媒介中心性の変遷を分析した研究矢野尾<sup>9)</sup>があるが、これは本研究の目的と方法が異なる。

これら先行研究に対し、本研究は立体的歩行ネットワークが構築された福岡市天神地区を対象とし、地下街、接続施設内、施設間連絡通路による歩行環境の性能評価を試みるものである。

### 1.3 研究方法

本研究は、以下の作業により進めた(図2)。

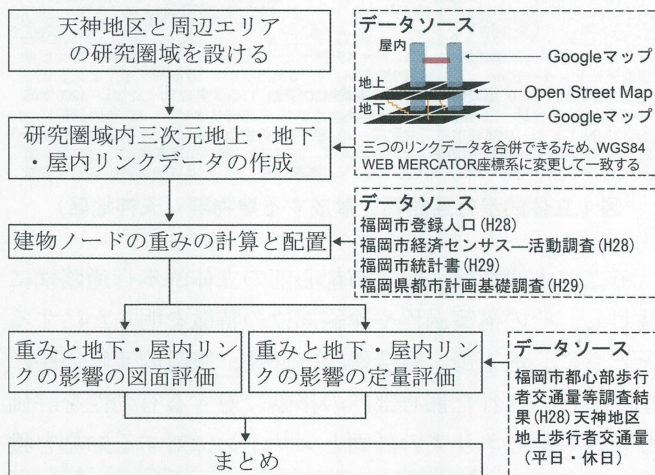


図2 研究のフロー

### 1) 福岡市都心部内立体的歩行通路網に関する情報整理

福岡市都心部の立体歩行通路網に関する資料、既往研究、参考文献を収集し、整備年、整備事業等を整理した。

### 2) 地上、地下及び上空連絡通路の情報収集と整理

Google 屋内マップ、「福岡市歩行者交通量調査マップ」および各商業施設のフロアマップ(2021年7月時点)を参照し、天神地区内の地上街路、地下通路、屋内通路(フロア、建物間連絡通路、昇降施設)および上空連絡通路の位置、接続数、接続形態に関する資料収集、現地確認により類型化するとともに各類型の特徴を分析した。

### 3) 立体的歩行通路網データ構築<sup>注1)</sup>

①分析対象範囲の設定: 分析対象範囲は、天神地下街を包含し、地上街路、地下通路および上空連絡通路を含む建物間連絡通路で接続している建物とした。

②地上レベルリンクデータ: Open Street Mapの歩行路線データによりGISを用いて作成した。また、周辺エリアの影響を考慮し、明治通りと渡辺通りの交差点を中心とする半径1000メートル(徒歩約15分)の歩行範囲を設定しリンクデータを構築した(図3)。

③地下・屋内リンクデータ: 2)による情報をもとに天神地区の立体的歩行通路網リンクデータを作成した。

### 4) 立体的歩行通路網分析用モデルの構築

分析対象地区内に立地する各建物の中心点を歩行移動の起点(建物ノード)としてモデル上に配置した。次にこの建物ノードと最短距離にある移動経路に垂直線を引きリンクデータを接続した。また、地下通路または建物間連絡通路(上空連絡通路を含む)で接続している建物については、各階で近隣建物と接続しているため、建物ノードを各階のごとにモデル上に配置した(図7)。

### 5) 福岡市天神地区の立体的歩行通路網の特性分析

構築した立体的歩行通路網データをもとに「地上」、「地上および地下」、連結された施設の地下階通路と上空連絡通路を含む「全経路」の媒介中心性を求め、地下街、地下階内通路及び上空連絡通路の効果を分析した。

### 6) 媒介中心性と歩行者通行量との関係分析

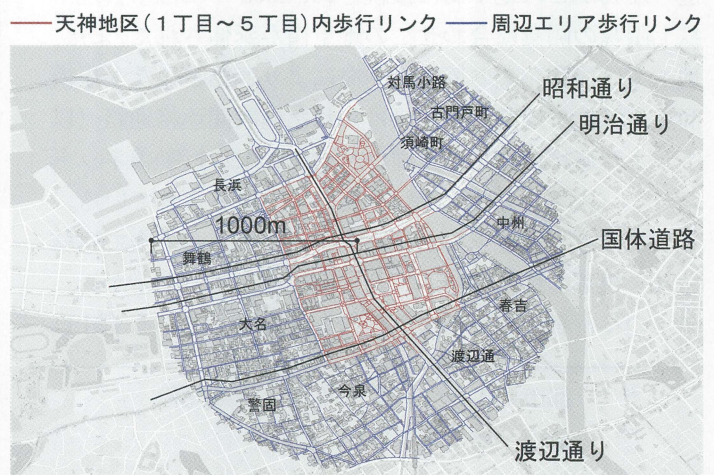


図3 天神交差点を中心とする半径1,000m分析対象範囲

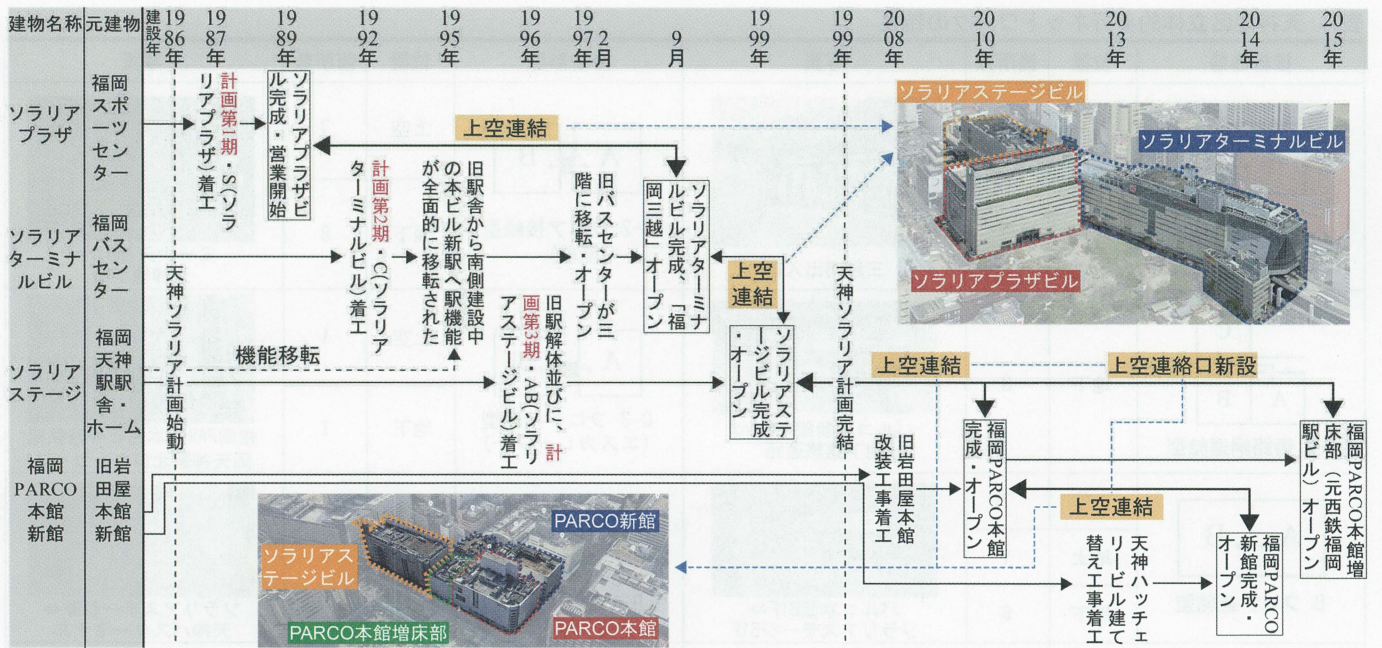


図4 天神SOLARIA-PARCO連続した建物間上空屋内連絡形成

分析対象地区内に立地する建物に対し、用途別に発生歩行者交通量（加重）を与え、媒介中心性との関係について分析した。

## 2. 天神地区の立体的歩行通路網

### 2.1 地区内再開発事業と上空連絡通路の整備

研究対象とした福岡市天神地区において、地上、地下および上空で構築された立体的歩行通路網は複数の建物と接続されており、その整備は1986年まで遡る。そこで本節ではこの地区における開発事業と上空連絡通路の整備に関する資料をもとにその整備過程について整理した（図4）。

天神地区では、1976年に天神地下街が開業したが、その後、ソラリアプラザ、ソラリアターミナル、ソラリアステージ、福岡PARCO本館・新館の建設事業のための4つの計画期を経て道路上空に連絡通路が整備され、現在の立体的歩行通路網が形成された。

1986年に天神ソラリア計画が始動し、ソラリアステージ（元西鉄福岡駅、大牟田線西鉄福岡駅）、ソラリアターミナルビル（元福岡バスセンター）、そしてソラリアプラザ（元福岡スポーツセンター）の3つの大規模な再開発事業が進められ1999年に整備が完成した。この再開発事業は3期に分かれており、各期の整備事業において地上、地下および道路上空で建物が連結され、一部の立体的歩行通路網が構築された。

続いて、2008年より旧岩田屋本館の敷地に福岡PARCOが進出し再開発事業が開始され、2010年に本館、そして2014年には公道を挟んだ隣接地に新館が建設され、この2つの建物とともに先に建設されたソラリアターミナルビルと接続され、天神地区中心部の立体的歩行

通路網が完成した。なお、この立体的歩行通路網の構築においては、当地区の開発事業者も参画するこのエリアのまちづくりのための協議会組織による構想を建物計画に反映されたことが大きく働いている。

### 2.2 連絡通路接続部の特性

天神地区において地上、地階および上空にて接続された連絡通路の接続部に注目し、現地調査によりそれらの位置、箇所数、接続形態について整理した（表1）。

接続形態については、建物と街路、地階を含む各階の接続の仕方により8種に類型できた。まず、街路網との接続をみると地上ではA-1街路網接続型があり、地階ではA-2街路網連結型が見られた。また、建物間では、フロアが直接繋がるBフロア連結型、そして、上空連絡通路・階段・エスカレーターで接続されたC-1フロア接続型（通路）、C-2フロア接続型（階段）、C-3フロア接続型（エスカレーター）が見られた。さらに建物の外接通路で接続するD-1通路連結型とD-2通路接続型を確認した。

以下は、各接続形態の特徴である。

- 1) **A-1 街路網接続型**：各建物の街路と接続する地上エントランスの位置にあり、56か所を確認した。
- 2) **A-2 街路網連結型**：各建物の地下階と接続するものであり、天神地下通路（きらめき地下通路、市役所地下通路など）の3か所で確認した。
- 3) **B フロア連結型**：イオン・ノース天神・ミーナ天神ビルやパルコ本館とソラリアステージビルなどの複合施設の地下（6）また上空（7）に配置されている。
- 4) **C-1 フロア接続型（通路）**：福岡PARCO本館と新館、岩田屋本館と新館など同事業者の複数の建物間の連絡通路や上空連絡通路のみならず、天神イムズおよび天神ビブレ間、天神コアおよび天神ビブレ間（現在は、解体さ

表1 天神地区立体的歩行ネットワークの特性

接続形態	位置	箇所数	写真	接続形態	位置	箇所数	写真
A-1 街路網接続型	地上	56		C-2 フロア接続型 (階段)	上空	7	
	地下				8		
A-2 街路網連結型	地下	3		C-3 フロア接続型 (エスカレーター)	上空	1	
					地下	1	
B フロア連結型	上空	7		D-1 通路連結型	上空	3	
	地上	1					
	地下	6					
C-1 フロア接続型 (通路)	上空	7		D-2 通路接続型	上空	2	
	地下	14					

れ無し) など異なる事業者による建物間にも整備されており、地下14か所、上空7か所で確認した。

5) C-2 フロア接続型(階段)：建物の地下階と地上街路の間や上空建物間に配置されている。

6) C-3 フロア接続型(エスカレーター)：天神 PARCO 本館地下一階と地上また四階と西鉄福岡天神駅北口コンコースに配置され、駅への移動利便性を高めている。

7) D-1 通路連結型：ソラリアステージビルの2階および3階にある西鉄福岡天神駅とバスターミナルをコアとして上空歩行通路でソラリアステージ・三越・ソラリアプラザが接続された箇所であり、公共交通との接続性や回遊性を提供している。

8) D-2 通路接続型：7) 通路連携型と同じ特徴を有するものである。

全体として、各建物の地上階エントランス部での街路との接続 (A-1) が多いが、フロア接続型 (C-1, 2, 3) も多いことが特徴として確認でき、これらが立体的歩行通路網の構築に寄与していると言える。

### 3. 媒介中心性による歩行ネットワーク分析

#### 3.1 立体的歩行通路網データ構築と歩行移動量の設定

1) 立体的歩行通路網データ構築：OSM 財団による Open Street Map の歩行路線データにより地理情報システム (GIS) を用いて作成地上レベルのリンクデータを構築し、また、Google 社が提供する屋内マップ、「福岡市歩行者交通量調査マップ」(平成28年度) および各商業施設のフロアマップ (2021年7月時点) を参照し、地階および屋内リンクデータを作成し、天神地区における地上街

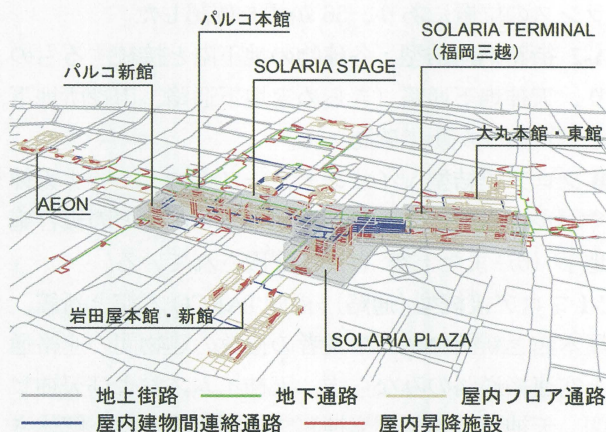


図5 地下・地上・空中歩行経路三次元リンクデータ

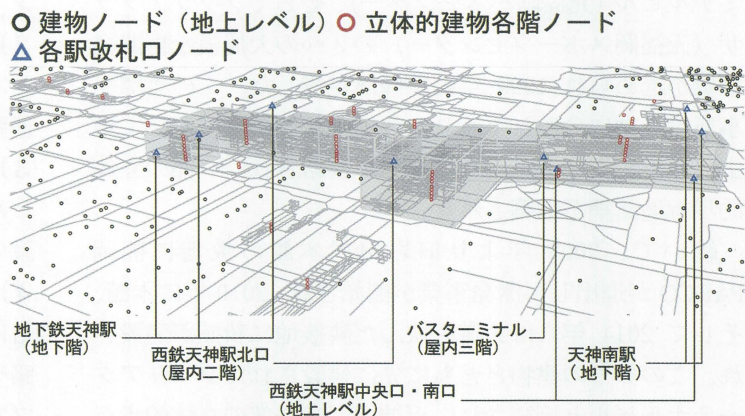


図6 三次元ネットワークモデルにおける建物ノード配置

路、地下通路、屋内通路（フロア、建物間連絡通路、昇降施設）の立体的歩行通路網リンクデータを作成した（図5）。

次に、分析対象地区内に立地する各建物の中心点を天神地区の立体的歩行通路網の媒介中心性分析における歩行移動の起点（建物ノード）としてモデル上に配置し、この建物ノードと最短距離にある移動経路に垂直線を引きリンクデータを接続し、さらに地下通路または建物間連絡通路で接続している建物については、各階で近隣建物と接続したものとし、建物ノードを各階ごとにモデル上に配置した（図6）。

### 2) 媒介中心性分析の歩行移動起点の抽出と加重設定

本研究の分析モデルの構築では、まず、天神交差点を中心とする半径1,000メートルの分析対象エリア内に立地し、天神地区の立体的歩行通路網の媒介中心性分析における歩行移動起点となる建物について、主要用途別（業務・商業・住宅・官公庁施設）に抽出した。次に、各商業建物の来館者数（立体歩行経路を有するものは各フロア来館者数）の推計のために地下階や西鉄駅ターミナルビルの2階以上に設置された各駅の改札口を起点として設定し、また、終点として、ターミナルビルと立体的に接続された商業系施設の各フロアの中心的位置に設定（図6）し、立体的歩行通路網データを構築（図7）した。

さらに、先行研究による建物収容人口の推定方法<sup>注2)</sup>を採用し媒介中心性分析のための各建物の発生歩行交通量（建物ノードの重み）を推定した（表2）。

### 3) 商業系建物の来館者数の推定

商業系建物の来館者数（立体歩行経路を有するものは各フロア来館者数）の推定については、ハフモデルに基づく Robert McNeel Associate 社製 3D モデリングソフトウェア Rhinoceros の Urban Network Analysis(UNA)ツール

を用い各駅の改札口*i*から目的地商業系建物ノード*j*での購買確率*Pij*を計算し（式1）、Weight[i]（各駅*i*一日平均の普通切符利用の降車者数）により来街者数C[j]Patronageを推定する（式2）。

$$P_{ij} = (C[j]weight^{\alpha}/e^{\beta \cdot dist[i,j]}) / (\sum_j C[j]weight^{\alpha}/e^{\beta \cdot dist[i,j]}) \quad \text{式1}$$

$$C[j] Patronage = \sum_i Weight[i] \cdot P_{ij} \cdot \frac{1}{e^{\beta \cdot dist[i,j]}} \quad \text{式2}$$

*Pij* : 顧客が改札口*i*から各商業系建物ノード*j*へ移動する確率  
*C[j]weight* : 各商業系建物ノード*j*の魅力度を表す尺度（延床面積）  
*dist[i,j]* : 駅改札口*i*から各商業系建物ノード*j*までの距離  
 $\alpha$  : 規模パラメーター、 $\beta$  : 距離パラメーターである<sup>注5)</sup>

これら分析対象地区内の立体的通路網データの構築、各建物の発生歩行交通量の推定、推定値の建物ノードへの加重付与、歩行リンクデータの接続によるデータをもとに次節にて分析を行う（図8）。

### 3) 天神地区の立体的歩行通路網の媒介中心性

媒介中心性（Betweenness centrality）は、以下の式に基づく Rhinoceros の Urban Network Analysis(UNA)ツールを用いて求めた。

$$Betweenness[i]^{r,dr} = \sum_{j,k \in G - \{i\}, d[j,k] \leq r} \frac{n_{j,k}[i]}{n_{j,k}} \cdot W[j] \quad \text{式3}$$

*i* : 観測点 *r* : 起点*j*から終点*k*までの移動距離  
*dr* : 徒歩移動圏域内迂回比率  
*Betweenness[i]^{r,dr}* : 観測点*i*の媒介中心性（本研究では*dr*=1とする）<sup>注6)</sup>  
*n<sub>j,k</sub>[i]* : *i*を通過する起点*j*から終点*k*までの最短経路の回数  
*n<sub>j,k</sub>* : *j*から*k*までの最短経路総数

分析対象地区内の歩行者回遊行動は、主要な公共交通機関との関係が強いと想定し、本研究では来街者の回遊行動の起点となる各建物ノードを*j*、各主要な駅の改札口ノードを*k*、歩行移動圏域*r*=800mとして設定する。また、分析においては、「地上のみ」（地上通路）、「地上+地下三次元歩行リンク」（地上通路、地下通路及び建物地下通路）および「全体三次元歩行リンク」（地上通路、地下

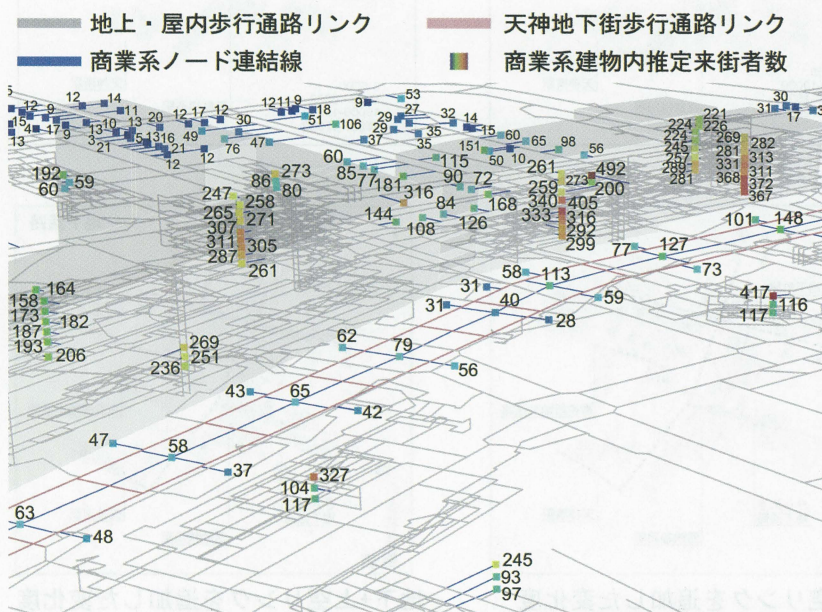


図7 立体リンクを有する商業系建物各階来街者推定

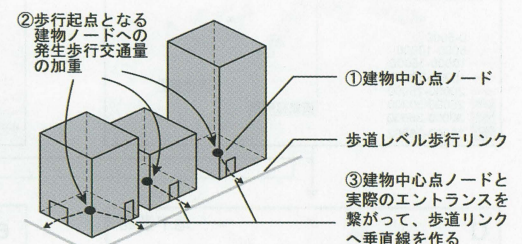


図8 歩行発生シミュレーション方法

表2 建物用途別発生歩行交通量の推定方法

建物用途 <sup>注3)</sup>	用いた情報	データソース	推定方法
居住者	住宅系 町丁目別人口	福岡市平成28年登録人口(公称町別)	丁目総居住人口を住宅系建物の延床面積で按分し推定する
従業者	業務系 町丁目・大字別従業者数	福岡市平成28年経済センサスー活動調査	丁目総従業者数を業務系建物の延床面積で按分し推定する
来街者	商業系 市営地下鉄各降客数	福岡市統計書(平成29版)	各主要な交通機関を起点として各商業施設への移動確率を計算し利用者数を推定する
官公庁従業者数	官公庁施設 官公庁施設延床面積	福岡県平成29年都市計画基礎調査	官公庁オフィス職員一人当たり面積(約7.6㎡) <sup>注4)</sup> で換算し推定する

通路、屋内フロア通路、屋内建物間連絡通路、屋内昇降施設) 3つのケースを設定した。さらに、分析結果の比較の容易性より、3ケースの全てに含まれる地上レベルの歩行リンクの媒介中心性を算出した。

### 3.2 建物ノード加重の有無による媒介中心性への影響

図9は、建物ノードに加重を与え正規化して表現したものである。建物ノードの重み無しの場合(図9左)は、分析対象地区内の経路(リンク)を建物の用途と規模に関係なく建物数と駅ノードまでの距離のみで分析したものであり、地下鉄天神駅と天神南駅および西鉄福岡天神駅の周辺で媒介中心性が高い歩行リンクが集中している。一方、建物ノードの重み有りの場合(図9右)、媒介中心性が高い歩行リンクが駅と大規模な施設に集中しており、明治通りと渡辺通りに面する大規模商業・業務施設の影響が反映されていることがわかる。

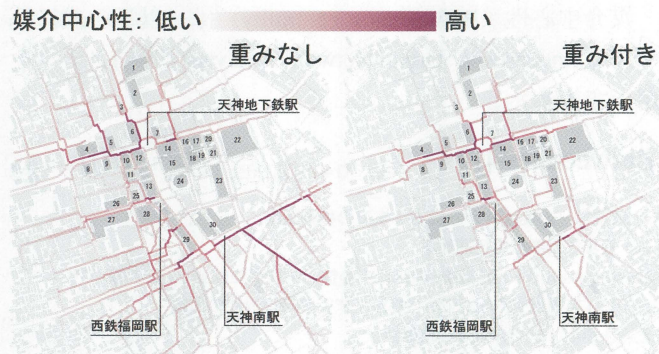


図9 建物ノードに対する加重の媒介中心性分布への効果

### 3.3 立体歩行経路の有無による媒介中心性への影響

図10(a,b,c)は、地上のみ(G)、地上+地下三次元歩行リンク(G+U)および全体三次元歩行リンク(W)3つのケースについて地上レベル歩行リンクの媒介中心性を表現したものである。これらを比較してみると、Gに対しG+UやWのようにリンクが増加するほど地上媒介中心性が高い歩行リンクが減少していることがわかる。これは地下通路や屋内通路が接続されたことで経路の選択性が立体的に増加してことによる。

図10(d,e,f)は、a,b,cの3ケースの相互比較により各観測点の媒介中心性の変化度合い分析したものである。

図10d(G:地上のみ)では、地下鉄天神駅、天神南駅、天神地下街、きらめき地下通路、市役所地下通路及びその他の地下街と接続する建物地下連絡通路により、昭和通り、明治通り、渡辺通り、福岡PARCO、きらめき通り、福博であい通り及び国体道路東側周辺の媒介中心性が高まった顕著な変化が確認できる。また、地下リンクとともに三次元屋内リンクを接続したモデル(G+UおよびW)を見ると、上空通路が地下通路と地上街路とに接続された建物群周辺の地上リンク媒介中心性の顕著な変化が確認できる(図10e,f)。

一方、立体リンクの追加により駅への最短経路が増加したことで媒介中心性が増加したリンクもみられた。

具体的には、まず、地下リンクを追加したことで、地下鉄、地下街、きらめき地下通路及び市役所地下通路の

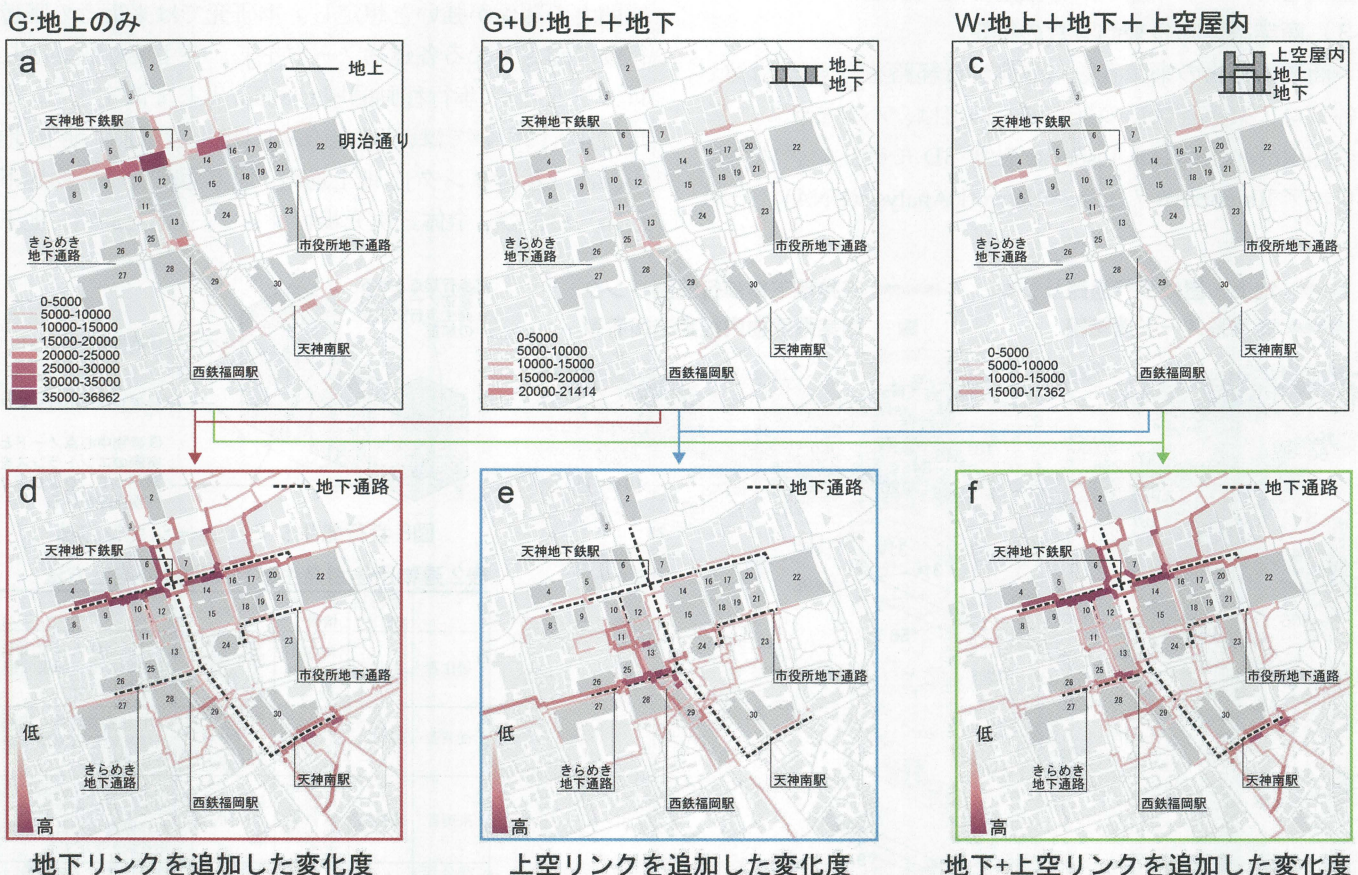


図10 立体歩行経路の有無による媒介中心性の分布の変化

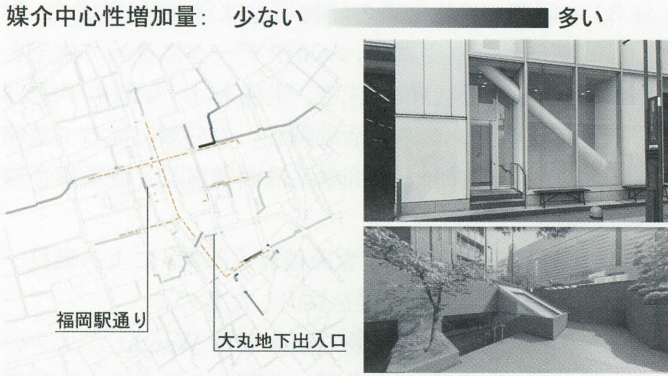


図11 地下経路の追加による媒介中心性が増加した地上リンク



図12 上空経路の追加による媒介中心性が増加した地上リンク

沿線だけではなく、福岡駅通りやエル通り大丸地下出入口の周辺にも、建物の地下通路との連絡により媒介中心性値が高まった例（図11）である。

次は、上空屋内リンクを追加したことで、ソラリアステージ広場、ライオン広場及び三越口通りの周辺には、上空に位置する西鉄福岡駅や天神バスターミナルと接続する上空歩行通路があることから媒介中心性値が高くなった例である（図12）。

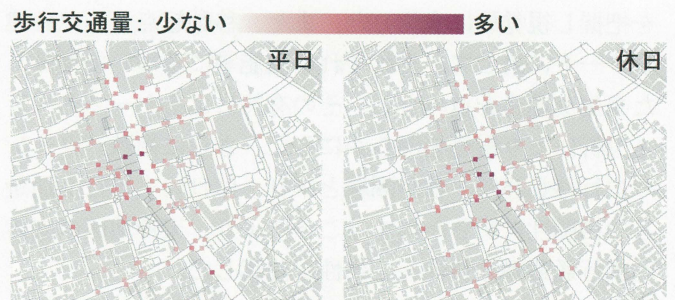


図13 天神地区歩行交通量調査結果（平日・休日）

#### 4. 媒介中心性と歩行交通量との関係

本章では、「福岡市都心部歩行者交通量調査」（平成28年度）において本研究の分析対象範囲に含まれる調査地点（141カ所）の実歩行交通量（平日 volume1 および休日 volume2）と前章による歩行ネットワークの媒介中心性との関係について分析する。

まず、図13は、「福岡市都心部歩行者交通量調査」（平成28年度）による平日および休日の典型的な歩行通行量を地図上に表現したものであるが、天神地区中心部の渡辺通り東部に両日ともに歩行交通量が集中していることが分かる。

次に、複数の歩行移動経路パターン（G：地上経路のみ、G+U：地上+地下、W：全経路）と実歩行交通量（平日 volume1 および休日 volume2）との関係について4種

の歩行移動圏域 r（400m、600m、800m、1000m）およびネットワーク全体（Global）を設定し分析した（表3）<sup>注7）</sup>。なお、建物に加重を与えていない場合は Ln(Volume1)' と Ln(Volume2)' で表示している。

まず、平日と休日では、全体として前者との相関が高いことがわかる（図14-1）。また、移動起点となる建物に加重を与えたことで、相関係数が高まったことから、媒介中心性による歩行ネットワーク分析において建物ノードへの加重の付与が有効であることが明らかとなった（図14-2）。

さらに、各歩行移動圏域 r においては、歩行移動経路が立体的に増加した G+U、W は G より相関係数が高くなるとともに（平日・休日）、全体では歩行移動圏域 800m（平日）が最大（0.403）となった（図14-3、14-4）。つ

表3 複数の移動パターン・圏域での媒介中心性と歩行交通量の関係

	Ln(volume1)'	Ln(volume1)	Ln(volume2)'	Ln(volume2)
LnB(400 G)	-0.033	-0.049	-0.015	-0.049
LnB(400 G+U)	0.050	0.235*	0.096	0.280*
LnB(400 W)	0.088	0.185	0.093	0.205
LnB(600 G)	0.219*	0.254**	0.186	0.186
LnB(600 G+U)	0.264**	0.387**	0.289**	0.334**
LnB(600 W)	0.307**	0.372**	0.317**	0.298**
LnB(800 G)	0.242**	0.294**	0.209*	0.218*
LnB(800 G+U)	0.222*	0.374**	0.234*	0.298**
LnB(800 W)	0.287**	0.403**	0.280**	0.301**
LnB(1000 G)	0.258**	0.260**	0.231*	0.203*
LnB(1000 G+U)	0.181*	0.302**	0.187*	0.244**
LnB(1000 W)	0.232*	0.359**	0.225*	0.267**
LnB(Global G)	0.154	0.175	0.118	0.139
LnB(Global G+U)	0.114	0.224*	0.112	0.194*
LnB(Global W)	0.157	0.275**	0.144	0.225*

LnB：自然対数Lnで対数変換した媒介中心性値  
 Ln(volume)：自然対数Lnで対数変換した歩行交通量との相関係数（重みなし）  
 Ln(volume)：自然対数Lnで対数変換した歩行交通量との相関係数（重み付き）

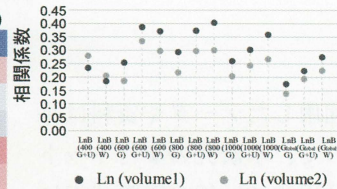


図14-1 平日 (volume1)・休日 (volume2) 歩行交通量との関係

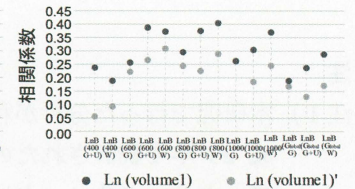


図14-2 建物ノード加重の相関係数への影響（平日）

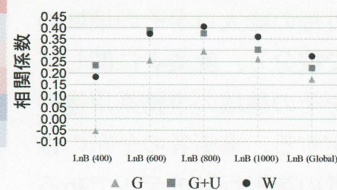


図14-3 歩行移動パターン・圏域の相関係数への影響（平日）

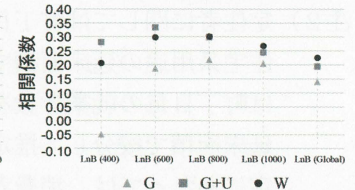


図14-4 歩行移動パターン・圏域の相関係数への影響（休日）

まり、分析対象範囲・圏域では、天神地下街通路、各建物地下連絡通路そして公共交通駅等への屋内連絡通路により、全体として立体的に接続された歩行移動経路の効果として捉えることができる。

## 5. おわりに

### 5.1 結論

本研究では、地下街と建物間連絡通路により立体的な歩行通路網を構築した建物群が立地する福岡市天神地区及び周辺エリアを対象とし、立体的歩行通路網データの構築と媒介中心性を用いた分析により、同エリアの特性を把握し視覚的に表現した。また、移動起点とした各建物ノードに対して、それぞれの機能等に基づいて推計した発生交通量を重みとし、その有無によるケーススタディ分析により影響を明らかにした。さらに複数パターンの歩行移動経路・移動圏域と平日・休日の実歩行交通量との相関性に明らかにすることにより、天神地区の立体的歩行通路網の特性と有効性を確認した。

### 5.2 今後の課題

本研究は、媒介中心性による天神地区駅を中心となる歩行行動のネットワーク分析を試み、その際に移動起点となる建物ノードに加重（発生歩行交通量）を付与したが、終点となる各駅改札口の加重（乗車人数）については考慮できていない。また、都心部における歩行者の回遊行動は、時間帯で異なるが駅への最短経路選択のみならず、途中の目的地への立ち寄りなど迂回する経路選択がなされることも多く、この点は考慮できていない。さらに、最短経路に基づく媒介中心性と実歩行交通量とで高い相関性が確認できなかったことは、歩行者が経路選択時に歩行環境（歩道幅員、移動容易性・安全性など）を重視することなどが要因であると考えられ、今後、このような歩行者の行動特性を十分に考慮した分析が必要であり、それが精度の高い結果の獲得に繋がると思われる。

## 注

注1) 本研究で行った分析が利用したデータや資料は平成28年で統計されたので、本研究の歩行ネットワークリンクやノードは平成28年の実際状況により作成した。

注2) 定住者に関しては町丁目毎の総人口をその地域の住宅系用途の延床面積で按分し、就業者に関しては町丁目毎の就業者数をその地域の事務系用途の延床面積で按分して推定する。来街者の分布の推定にあたっては、消費者の選択行動モデルであるMNL(Multinomial Logit) モデルを用いる。

注3) 本研究での住宅系の建物用途は「福岡県平成29年都市計画基礎調査」のSHPデータに従って住宅と共同住宅及び併用住宅、業務系は「福岡市平成28年経済センサス—活動調査」の分類に従って業務施設と工場など、商業系は商業施設と商業複合施設をさす。

注4) 「国土交通省新庁舎面積算定基準」による職員一人あたり約7.6㎡を算出したもの。

注5) 同規模の商業系建物（延床面積Weightが大きいノード）に対し、各階に分割したことによる誤差を減少させるため、 $\alpha$ をWeightの影響をコントロールする指数パラメーターとして、本研究で使用したUNA Toolboxのガイドブック「URBAN NETWORK ANALYSIS for Rhinoceros 3D - TOOLS FOR MODELING PEDESTRIAN AND BICYCLE TRIPS IN CITIES」, ANDRES SEVTSUK, HARVARD UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF DESIGN による「1の代わりに1/2の指数を適用すると、魅力度は延べ床面積の平方根として計算する。それは大きな延床面積の魅力度影響逓減が可能となり、それは多くの目的地の特性で観察されている」という記述（推奨）をもって妥当であると判断し0.5を採用した。また、 $\beta$ 値についても同様に、同ガイドブックにおける「特定の起点と目的地の場合、パラメーター $\beta$ の値は経験的に推定することができる」とされる記述と、ガイドブック内のケーススタディにおいて採用された値(0.004)であること、また、分析対象エリア内の起点とする天神及び各駅は駅勢圏を有し駅間距離も約800メートル程度であり目的とする商業系建物には近接駅を利用する可能性が高い想定し、0.004(1000mになると移動確率がほぼなくなる)を $\beta$ 値として妥当であると判断し採用した。

注6) 観測点 $i$ の媒介中心性は、徒歩移動圏域 $r$ (起点 $j$ から終点 $k$ までの移動距離)以内にある全経路より算出される。また、起点となる建物ノード $j$ に重みを課す場合は発生歩行交通量を $W[j]$ として計算し、重みを課さない場合は $W[j]=1$ で算出される。そして、観測点 $i$ の媒介中心性の値が高いことは、各ルートの最短経路において観測点 $i$ の通過頻度が高い、つまり歩行者が集中しやすいポテンシャルを有すことを示す。

注7) Pearson相関係数計算のため表2中に各変数を自然対数Lnで対数変換することにより各変数が正規分布に修正する(0となる変数が対象外になる)。有意水準は0.05水準で有意ならば\*、0.01水準対しては\*\*と表示する。

## 参考文献

- 1) 末木祐多, 佐々木邦明: 甲府市中心市街地の街路特性の定量評価と歩行者交通量の関係性, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 74, No.5, I\_1111-I\_1119, 2018
- 2) 塚口博司, 大橋祐貴: 大規模地下街における歩行者の経路選択行動分析, 土木計画学研究・論文集, Vol. 25, No.3, 2008.9
- 3) Andres Sevtsuk, Raul Kalvo : Predicting pedestrian flow along city streets: A comparison of route choice estimation approaches in downtown San Francisco, International Journal of Sustainable Transportation, Vol.16, pp.222-236, 2022 (DOI : 10.1080/15568318.2020.1858377)
- 4) Andres Sevtsuk : Urban network analysis : A new toolbox for ArcGIS, International Journal of Geomatics and Spatial Analysis , vol.22 , No.2 , pp.287-305 , 2012 (DOI: 10.3166/ig.22.287-305)
- 5) 太田浩史: 建物ノード付き街路ネットワークの研究ー建物規模の媒介中心性分布への影響, 日本建築学会計画系論文集, vol.78, No.686, pp.883-889, 2013.4
- 6) 熊野愛, 郷田桃代, 櫻井雄大: 建物用途と街路ネットワークの中心性に関する時系列分析ー表参道・中目黒地域を対象として, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北), pp.705-706, 2018.9
- 7) 長谷川隼, 渡辺俊: 歩行空間ネットワークを用いた駅周辺の回遊性に関する研究ー埼玉県大宮駅周辺を事例としてー, 第42回情報システム利用技術シンポジウム論文集, pp.202-205, 2019.12
- 8) 張靈珠, 晴安藍: Three-dimensional Spatial Network Analysis and Its Application in a High Density City Area, Central Hong Kong, 国際都市計画, Vol.34, No.1, pp.46-53, 2019 (DOI: 10.22217/upi.2018.513)
- 9) 矢野尾左山: 福岡市天神地区の都市構造の変遷と公共空間の立地特性の分析- 街路ネットワーク分析を用いた考察-, 九州大学大学院人間環境学府都市共生デザイン専攻 2021 年度修士論文

(受理: 令和4年10月24日)