

都市・街路構造の定量的分析からみた火山防災と将来都市構造の検討 - 大分県別府市を対象として -

瀬井亮太*・鶴成悦久**・小林祐司***

Volcanic Disaster Prevention and Future Urban Spatial Structure from the Quantitative Analysis of Urban Street Structure - A Case Study of Beppu City in Oita Prefecture -

Ryota SEI* , Yoshihisa TSURUNARI** , Yuji KOBAYASHI***

Abstract: There are few studies for volcanic disasters and prevention in the field of urban planning. Beppu City where the hot spring tourism city is the subject area of this research, and Mt. Tsurumi and Mt. Garan of the volcano are located. These are not known when that volcano will erupt. And, the urban planning considering volcanic disaster is not advancing is the current state. For this reason, it is necessary to consider the future structure of the city assuming a volcanic disaster. As a method, the Space Syntax Theory is used to grasp the spatial structure centered on the street. Furthermore, the population increasing ratio and the volcanic hazard map were compared. These results indicate how to integrate and concentrate on the city structure and function for the future. As an issue, it is necessary to discuss the steps and methods for integrating urban functions in the long term.

Keywords: 火山防災 (Volcanic Disasters Prevention) , 都市計画 (Urban Planning) ,
スペースシンタックス理論 (Space Syntax Theory) , 火山ハザードマップ (Volcanic Hazard Map)

1. 序論

1.1. 研究の背景

日本は、世界でも有数の火山国である。特に九州地方は、気象庁が指定している 50 の常時観測火山のうち 17 の活火山を有している。火山の噴火間隔は風水害や地震など、他の災害に比べて、数十年から数百年のスパンで噴火しない火山が多く存在する。つまり、被害予想が困難であるため、火山噴火の経験者も少ないことも背景に、他の災害対策に比べ、火山防災に対する意識は低いのが現状である。

長崎県島原半島の雲仙普賢岳では、1991 年 6 月 3 日に起きた大規模な火砕流で死者・行方不明者 43 人の被害を出した (内閣府, 2007)。本稿の対象地である別府市も活火山である鶴見岳・伽藍岳を有している。また、地形や市街地の位置関係も島原市と類似していることから、火山災害が発生した場合、甚大な被害が予想されるため、火山防災対策が課題となっている。

既往研究では、高橋が島原市でアンケート調査を行い、市民の抱える問題やそれに対する対策を挙げているが、定量的な観点から分析は行われていない (高橋, 1994)。定量的観点からは、西村らが街路構造の都市形成・発展過程を位相幾何学的な観点から分析を行い、歴史と都市空間形成上の意味について考察している (西村ほか, 2012)。このように、火山防災を都市構造や街路構造の定量的な観点から特徴把握を試みた研究は少ない。

1.2. 研究の目的

本稿では、定量的観点から火山防災と将来都市構造の検討を目的とする。そのために街路構造の中心性と歴史との整合性、人口の増減率、火山災害の被害想定区域の把握を行う。火山防災は長期的な対策となることから、長期的なスパンで都市のあり方を考え見直す必要があり、十分に考慮し、検討を行っていく。

* 非会員 大分大学大学院工学研究科 (Oita University)

〒870-1192 大分県大分市旦野原 700 番地 E-mail : v20e5010@oita-u.ac.jp

** 正会員 大分大学減災・復興デザイン教育研究センター (Oita University)

*** 正会員 大分大学理工学部創生工学科 (Oita University)

2. 対象地域の概要

別府市は大分県東部のほぼ中央に位置している。東は別府湾に面しており、西と南は大平山、鶴見岳、由布岳、雨乞岳が連なり、別府湾にかけてなだらかな丘陵地が広がる。丘陵地は、鶴見岳・伽藍岳の噴火活動によって形成された。人口は122,138人、人口密度は975人/km²の人口密度の高い地域である(統計局, 2015)。また、別府市は鶴見岳・伽藍岳の活火山の恩恵による温泉資源が豊かであり、温泉を中心とした観光産業によって発展してきた。現在では、多くの観光客が訪れる温泉観光都市である。

3. 研究方法

はじめに、別府市の都市構造の歴史的変遷を明らかにした上で、別府市の街路構造を、Space Syntax 理論(以降、S.S.理論)に基づいたAxial分析を行い、都市構造との整合性があるのかを把握する。次に、街路構造を人口増減率、ハザードマップと比較する。その結果をもとに、火山防災のあり方、将来都市構造の検討を行っていく。

4. 温泉観光都市形成の歴史

4.1. 明治期から第二次世界大戦

別府観光のはじまりは、1871年の別府築港の開港から始まる。これを境に、蒸気船による定期航海が始まり、多くの観光客が訪れた。目当てである温泉は、人工掘削の「上総掘り」の導入により、湯口数を増やし、観光事業を拡大していった。1907年に別府・浜脇の合併によって別府町が誕生した。これを見越して、将来的な人口増加が見込まれることや、観光客の急増と旅館・商店の増加により、地区改正を1906年に開始した(浦, 2006)。

4.2. 第二次世界大戦から高度経済成長期

1945年7月には、別府市で延焼を防ぐため、家屋強制疎開が行われ、8月に第二次世界大戦が終わりを告げた。国土は荒廃と化し、経済も滞っていた。再建に向けた動きとして、1950年7月の別府国際観光温泉文化都市建設法(以降、国観法)の公布が契

機と言える。その後、国観法による最初の事業は、九州横断道路(通称:やまなみハイウェイ)と別府国際観光港(以降、観光港)の着工である。観光港は国内海上輸送網の拠点として指定されていたため、広域道路と一体的なインフラ整備が行われた。また、観光港を中心とした観光中心地区(以降、石垣地区)の土地区画整備事業の第1工区着工が1959年に始まり、観光地として再び歩み始めた(浦, 2006)。

4.3. 安定経済成長期以降

観光地として再出発した別府市であったが、1962年5月に新産業都市建設促進法の施行により、観光都市よりも新産業都市が取り上げられ、石垣地区の観光を中心とした計画は弱まり、単なる市街地としての発展した。また、1991年4月に、浜脇A街区第一種市街地再開発事業が竣工したが、旅館経営は意に反して2軒に止まり、観光を中心とした都市形成は思うように進まなかった(浦, 2006)。

5. Space Syntax 理論に基づく Axial 分析

前章では温泉観光都市の形成の歴史を把握した。本章では、S.S.理論による街路を中心とした空間構造の特徴の把握と歴史との整合性を把握する。

5.1. 分析方法

S.S.理論は、英国UCLのBill Hillierらによって空間のつながりを定量的に分析するために開発された空間解析手法である。S.S.理論では対象空間をConvex Spaceというすべての角度が180°以下のポリゴンで分割しており、最低でも、Axial Line(以降、AL)が1本存在している。これをノードの集合体であるAxial Mapに変換し、解析を行う。ALにはGlobal値(広域近接性指標)とLocal値(近隣近接性指標)という指標が存在する。広域近接性指標は、対象空間の全てのALと相対的に近づきやすいことを表す指標であり、近隣近接性指標は要所的空間のALと相対的に近づきやすい指標のことを示す。本稿では、対象地域の街路変遷を考察するため、要所的に街路構造に焦点を当てる。そのため、近隣近接性指標(以降、Int.V)を用いAxial分析を行う。なお、Bill Hillier

らが Int.V の最も適している接続回数を 3 回以内と指摘しているため、これを用いて算出する (Hillier,1996)。Int.V が高い空間の場合、対象としている空間は、その他すべての空間に対して近く、逆に値が低い場合、その他全ての空間に対して、要所的に離れていると表現される。Int.V が高い空間の AL は、他からのアクセスが容易で対象空間における中心性が高く、にぎやかな空間であり、外来者や自然歩行者の量が多いとされている。一方で、Int.V が小さな空間は、他の空間から離れた空間であり、アクセスが容易ではなく、自然歩行者や外来者の少ない静かな空間であるとされている。

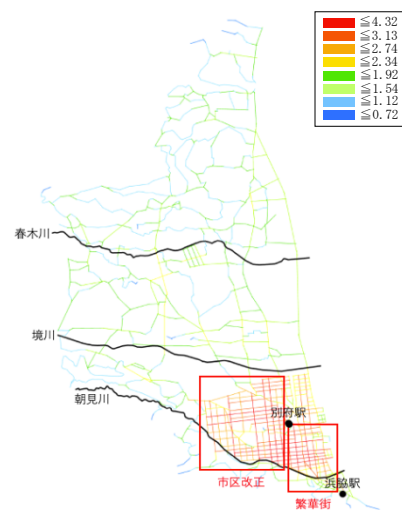


図 1 1927 年 近隣近接性指標

5.2. 近隣近接性指標

Axial 分析により求めた Int.V について考察する。Int.V の値が高い箇所 (4.32-3.13) には、土地開発などの都市構造と関連があると仮定し、Int.V との整合性を図 1 から図 3 で確認した。

1927 年 (図 1) は、Int.V が高い箇所として、別府駅周辺が挙げられる。これは、市区改正が 1927 年に完了していることが要因と考えられる。

1970 年 (図 2) は、1962 年に、石垣地区区画整備事業の第 1 工区が完成していることから Int.V の値が高い。また、別府駅周辺の区画整備も 1927 年と比較すると、発展していることが確認できる。

2015 年 (図 3) は、1966 年に亀川地区居住実施が行われたことや、1973 年に厚生省 (現厚生労働省) より、身障者福祉モデル都市の指定を受けことが、亀川地区の Int.V が高い値を示している要因と考えられる。1979 年には、石垣地区の第 2 工区も完成し、別府市の中心性は、別府駅周辺、石垣地区と亀川へと形成された。

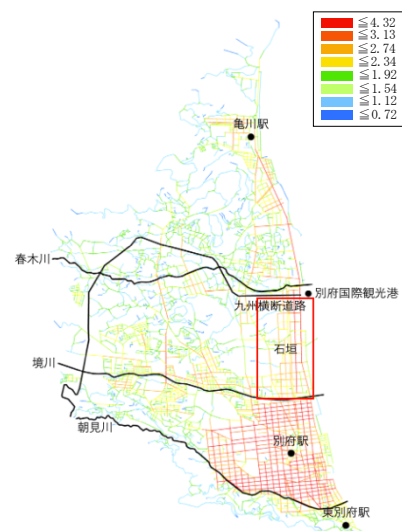


図 2 1970 年 近隣近接性指標

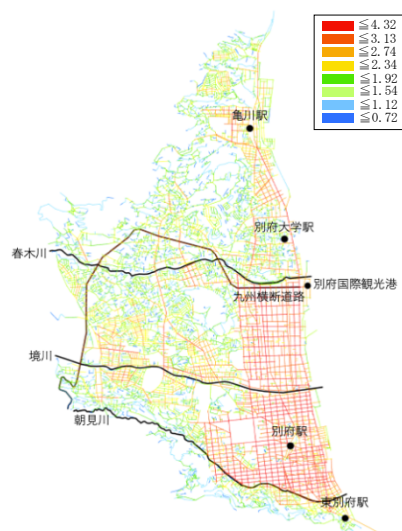


図 3 2015 年 近隣近接性指標

5.3. 定地近隣近接性変化指数 (西村ほか, 2012)。

各時代の Int.V は、都市構造の変化を視覚的に評価することができた。しかし、各時代での街路構造の変化を定量的に評価することは困難である。そこで評価する手順として、図 4 から図 6 では、近隣近接性指標をメッシュ単位に変換し、各時代での変化を定量的に評価することが可能である定地近隣近接

性指標に変換した。

そして、図7から図9では、各時代の同じ空間領域におけるメッシュ（定地近隣近接性指標）を差し引いた、定地近隣近接性変化指数で、各時代での都市構造の変化を後述する。定地近隣近接性変化指数は正の値で高い値であるほど、時点間での定地近隣近接性指標の値が大きくなる。それに対し、定地近隣近接性変化指数が負の値で低い値を示すと、その空間の近隣近接性指標の値は低いことを示している。なお、この変化指数は、定地近隣近接性指標がどちらにも存在するメッシュのみを算出している。

1927年から1947年（図7）は、変化量が多い箇所は亀川と別府駅周辺があげられる。亀川は、病院などの福祉・医療施設が拠点的に建設された。それに伴い、道路が建設され、利便性が向上した。一方、別府駅周辺は市区改正を昭和3年に終わらせたにも関わらず、変化量が高いことから、別府駅周辺の市街化に力を注力してきたことがわかる。

図7で変化量が高い亀川、別府駅周辺は1947年から1970年（図8）ではほぼ変化がみられない。石垣が最も変化しており、1962年に石垣地区区画整備事業の第1工区が完成したことが要因と考えられる。

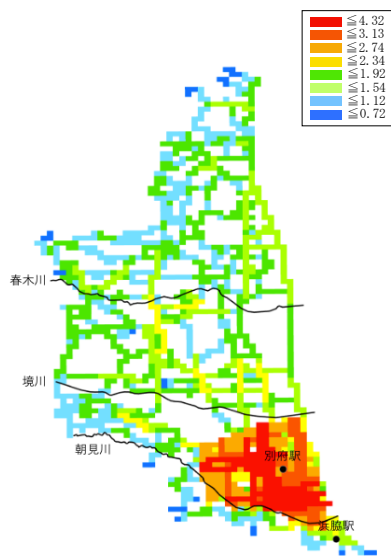


図4 1927年 定地近接性指標

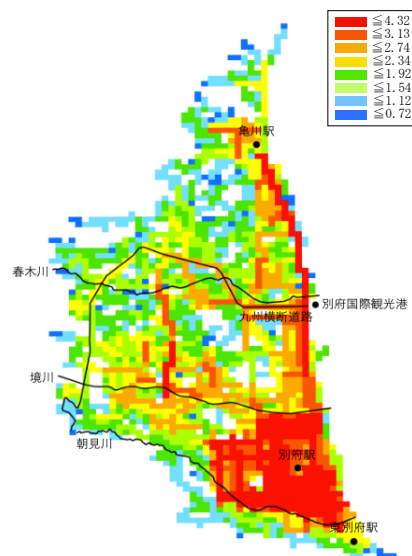


図5 1970年 定地近接性指標

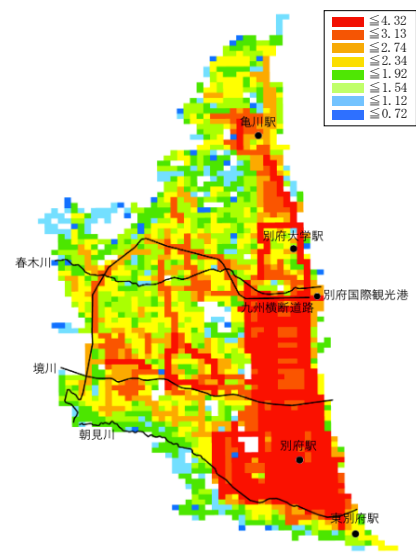


図6 2015年 定地近接性指標

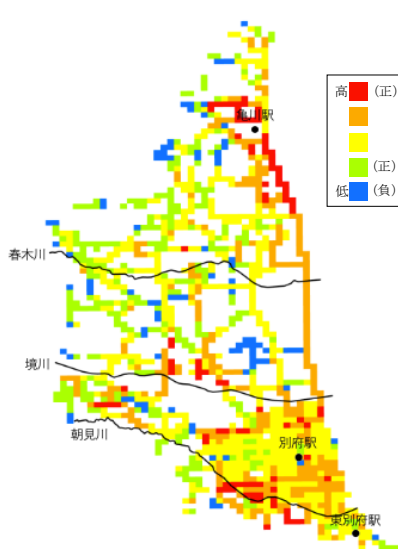


図7 1927年-1947年
定地近隣近接性変化指標

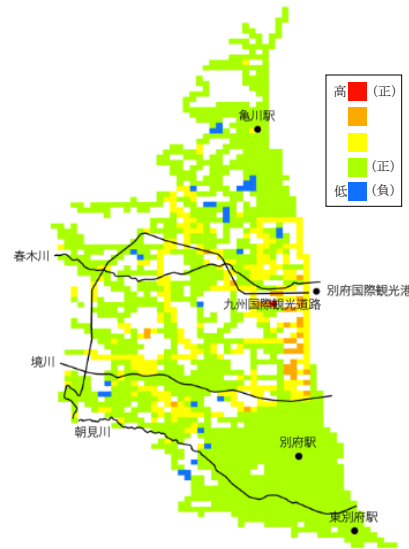


図8 1947年-1970年
定地近隣近接性変化指標

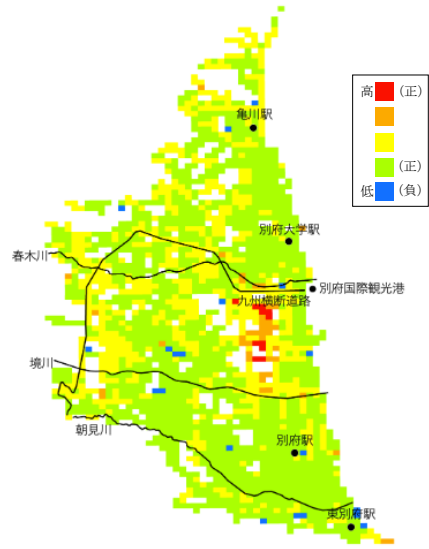


図9 1970年-2015年
定地近隣近接性変化指標

1970 年から 2015 年（図 9）は、図 8 と同様、亀川、別府駅周辺の変化はほぼみられない。変化がみられるのは、石垣の第 2 工区と周辺の住居地である。1979 年には、石垣土地区画整理事業の第 2 工区が完成しており、それに伴い周辺に住宅が建てられ、これが変化の要因として考えられる。

6. 定地近隣接性指標との比較 火山防災のあり方と将来構造の検討を行うために、人口増減率、火山ハザードマップを Int.V と比較する。人口増減率には、G 空間センター（将来人口・世帯予測ツール V2, 2015）を使用し、火山ハザードマップは鶴見・伽藍岳火山防災協議会で 2016 年 5 月に作成されたものを用いる。

6.1. 人口増減率との比較

2015 年の人口は 122,138 人、2045 年の推計人口は 94,385 人であり、29.4%の減少が予想される。人口増減率（図 10）では、人口増加を示している範囲は 22.7%、減少している範囲は 77.3%を示している。主に、人口が増加している場所は、柴石温泉を除く、別府八湯（浜脇、別府、亀川、鉄輪、観海寺、堀田、柴石、明礬）と呼ばれる温泉地であることがわかる。しかし、Int.V の高い場所での人口増加は、主に石垣地区と別府駅周辺の一部であり、都市の集約化はこれらの地区を中心として考える必要がある。

6.2. 火山ハザードマップとの比較

図 11 より、別府市に火山災害による大きな被害が予想されるが、Int.V が高い石垣地区、別府駅周辺では被害が予想されていない。しかし、被害想定範囲内の多くは居住地であるため、被災した場合、長期的に住むことができない可能性が高い。そのため、市街地の集約を進めることが、今後重要といえる。

7. 火山防災と将来都市構造の検討

火山噴火の間隔は風水害や地震と比べて、長期的であることから、都市のあり方と将来構造の検討は、同様に長期的のスパンで見直す必要がある。

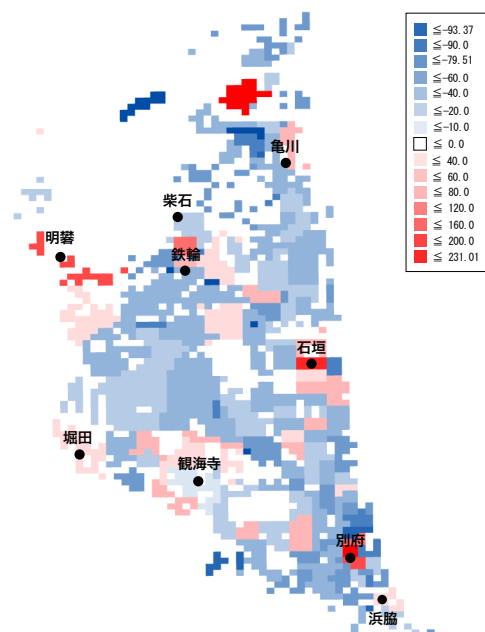


図 10 人口増減率（2015 年-2045 年）

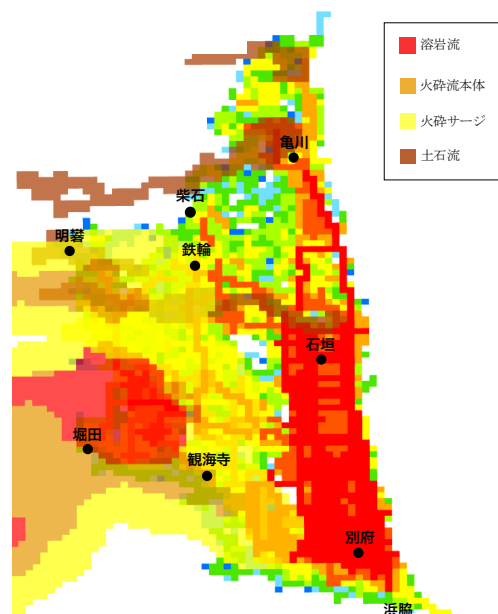


図 11 火山ハザードマップ

7.1. 火山防災のあり方

別府市は温泉を観光資源として発展してきた。しかし、温泉資源と火山噴火による甚大な被害は隣り合わせであり、火山災害を想定せずに市街化を進めてきたことが各時点での Int.V から読み取ることができた。その結果、火山噴火のスパンが長いことや、火山災害が他の災害に比べてイメージしづらいことなどから、別府市の火山に対する意識は高くないと考えられる。今後は、行政のなかでの意識の醸成と市民を巻き込んだ取り組みを進めることが求め

られよう。

7.2. 都市の将来構造

本稿では、定量的な観点より、人口増減率と火山ハザードマップを Int.V と比較し、その結果を数十年先に焦点をあて、図 12 に将来構造のイメージを示す。被害想定範囲の住民は、火砕サージが広範囲に渡って被害を及ぼす可能性があり、海岸沿いまたは市外に段階的に居住の中心を移す必要があるだろう。市内での移転場所として、亀川または石垣、別府が考えられる。これは、Int.V が高い場所かつ、被害の影響が少ない場所を選定しているためである。最終的には、別府と石垣を都市構造の中心拠点とすることが考えられる。

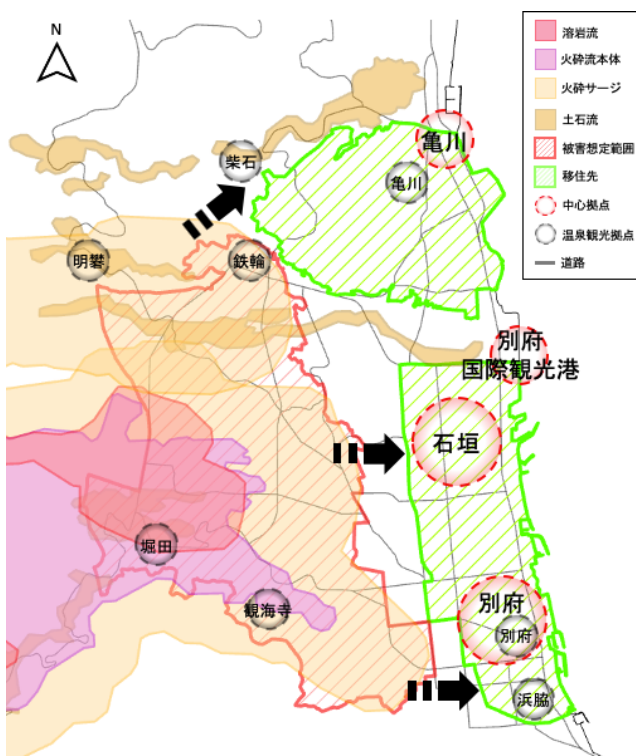


図 12 都市将来構造

8. 総括

本稿では、定量的観点から火山防災と将来都市構造の検討を目的とし、街路構造の中心性と歴史との整合性、人口の増減率、火山災害の被害想定区域の把握を行なった。その結果、Int.V と文献より別府市は、温泉資源をもとに都市を形成してきたことが読

み取れた。火山ハザードマップからは、別府、石垣、亀川へ都市の集約化を進めることが望ましいことを把握した。

火山防災のあり方としては、今後、行政のなかでの意識の醸成と市民を巻き込んだ火山防災の取り組みを進め、将来都市構造をどのようにしていくのか、課題も含めたビジョンの共有を進めていくことが求められる。

参考文献

- 内閣府（2007）防災のページ，「災害教訓の継承に関する専門調査会報告書」。
- 高橋和雄（1994）降灰が市民生活に及ぼす影響および基礎的地盤の整備に関する調査報告書－火山と共生する島原に向けて－，「1990-1995 雲仙普賢岳の火山災害に関する文献目録」。
- 西村卓也・高松誠治・大口敬（2012）GISを活用した東京の街路構造変遷に関する研究，「土木学会論文集」，68（5）．407-416。
- 川角典弘・菅原幹人・東埜一輝（2013）スペースシンタックス理論による図書館の空間分析とCG 評価－ラーニングコモンズに対応したサイン計画を事例として－，「第 36 回情報・システム・利用・技術シンポジウム 2013」，121-126。
- 竹腰正隆・西浦定継・小林利夫（2017）年のコンパクト性とスペースシンタックスから見た人の活動の関連性に関する研究，「都市計画報告集」，15．309-312。
- 統計局（2015）「国勢調査」。
- 浦達雄（2006）別府温泉郷の観光地域形成に関する研究，「千葉大学学位申請論文」。
- Hillier, Bill. (1996) Space is the Machine, Univ of Cambridge Press .
- G 空間センター（2015）将来人口・世帯予測ツール V2.
- <<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/cohort-v2>>.
- 鶴見・伽藍岳火山防災協議会（2016）火山ハザードマップ.
- <https://www.city.beppu.oita.jp/bousai_syoubou/bousaiyouhou/bousai_map/turumi_garan.html>.