

都市形態からみた観光防災としての津波避難における課題の検討

川村 怜音¹・永家 忠司²・宮武 誠³

¹学生会員 (独) 函館工業高等専門学校 専攻科 (〒042-0954 北海道函館市戸倉町 14-1)

E-mail: y.d.hnct24@gmail.com

²正会員 (独) 函館工業高等専門学校 社会基盤工学科 (〒042-0954 北海道函館市戸倉町 14-1)

E-mail: nagaie@hakodate-ct.ac.jp

³正会員 (独) 函館工業高等専門学校 社会基盤工学科 (〒042-0954 北海道函館市戸倉町 14-1)

E-mail: miyatake@hakodate-ct.ac.jp

北海道が 2012 年に発表した千島海溝での L2 地震津波によれば、函館市の観光客が集中する地区で壊滅的なダメージを受けることが想定されている。本研究は避難経路となる道路ネットワークにおける定量的な分析を通じて、津波避難体制および避難誘導における課題の抽出を行った。特に観光地における避難者は地域住民のみならず来街者も多数存在することから、空間統計手法を用いることで、来街者の空間的分布の把握を試みた。結果として、特定の避難場所においては地域住民および来街者による混雑状況が生まれることが想定された。今後の避難体制として、観光客および地域住民による混雑が懸念される避難場所については、避難経路および避難場所について見直しが必要である。また、浮遊観光客において避難誘導だけでなく新たな仕組みを構築する必要がある。

KeyWords : *evacuation of tourists, urban form, space syntax theory, evacuation route, locational characteristic*

1. はじめに

北海道が2012年に発表した千島海溝でのL2地震津波によれば、函館市内、特に観光客が集中する地域では壊滅的なダメージを受けることが想定されている¹⁾。

本研究は、このような発災時における観光客の安全確保を目的として、函館市における観光防災の重要性の把握およびその課題と解決に向けた検討²⁾を行ってきた。特に観光客の入り込みパターンフローを提案し、函館市の場合について検討した結果、着眼的指標として抽出した「宿泊」に関し、過去の津波による浸水実績、想定地震津波の浸水域、避難時間、集客立地条件や宿泊率の高さなどを勘案すると、函館市は他の観光都市よりも観光防災の重要度が極めて高いことを指摘した³⁾。また、数回に渡り実施した勉強会では、災害経験や防災意識を把握するとともに、備えの一助として防災チェックリストを配布し、その効果を検証した⁴⁾。その中では防災意識と災害知識の平準化を図りつつ、宿泊施設に対する現状を把握し、初動避難の誘導體制の検討に向けた方向性を明示した。同じ観光都市である京都市は、すでに大規模災害時における観光客等帰宅困難者対策として観光防災に対する取り組みが活発に推進しており⁵⁾、震災時に地域の企業や旅館、ホテルを帰宅困難者の一時避難所とし

て使用することで、帰路の安全が確保されたら無事に自宅まで帰す仕組みを構築している。しかし、函館市は京都市と違い、海に面している都市であるため、地震だけではなく津波による被害も想定し、観光防災に考慮する必要があったため、ヒアリング調査を行った。結果として、函館市の観光事業者の防災意識が高く、各々の計画を実際的に試行できる観光防災DIGの要望を受け、実施した結果、特定の津波避難施設および津波避難ビルに避難者が集中し混雑するという問題が生じた⁶⁾。また、2016年3月に函館市では東日本大震災において、災害の危機から逃れるための避難所と、避難生活を送るための避難所が明確に区別されていなかったことが被害拡大の一因となったことを踏まえて、2014年に内閣政府が災害対策基本法を改正したことを受け、異常な現象ごとに災害の危険から緊急に逃れるための指定緊急避難場所、被災者を避難のために必要な時間滞在させる指定避難所の2種類に避難所が区分された⁷⁾。

そこで、本研究では来街者の居る場所を知ることは避難計画の立案上重要であると考え、空間統計手法を用いることで、来街者の空間的分布の把握を試みた。新たに指定緊急避難場所および指定避難場所の避難経路となる道路ネットワークにおける定量的な分析を通じて、津波避難体制および避難誘導における課題の検討を行った。

2. 対象地区の概要

(1) 東日本大震災における津波状況

2011年3月に発生した東日本大震災による地震津波において、函館市が陸繋島地形のうえに立地していることから函館湾側の西部地区が津波による災害を受けやすく、朝市やウォーターフロントといった観光施設ならびに都市型ホテルの集中する西部地区を中心に0.1～1.2m程度の浸水被害(図-1)を受け、多くの観光客が帰宅困難となり足止めを被った。これを契機として、近年、観光客の初動避難体制のあり方が問題視されるようになったことで、函館市は指定災害対策基本法の改正に伴い、避難所の見直しを行った。見直し前は学校施設等の公共的施設を基本として避難所又は避難地の指定をしていた避難所について、社会福祉 災害応急対策計画 施設等の民間施設についても、地域の実情等を勘案し避難所として指定している津波避難ビルや高台などの一時避難場所を追加した。

函館中心市街地は函館山や元町地区、五稜郭といった豊富な観光資源に恵まれる都市であり、年間約4,000,000人近い観光客⁸⁾が国内外から訪れる北海道でも有数の観光都市である。また、函館市における観光客の推移について函館市観光振興課が調査している昭和30年から現在にかけての来函観光入込客は、北海道全体と同じように東日本大震災発生時には低迷していたが、現在にかけては順調な回復傾向にある。さらには2016年の北海道新幹線開通により観光客数約500,000人の純増が見込まれており、これまで以上の国内外からの観光入り込み客が期待されている。

以上の事柄や、これまでの検討で特定の津波避難施設および津波避難ビルに避難者が集中し混雑することで多くの避難時間を要するという問題が生じたことから、新たに追加された指定緊急避難所および指定避難所について、道路ネットワークにおける定量的な分析を通じて避難場所までの避難経路や避難時間、混雑状況の把握を試みた。

(2) 函館市の想定される津波災害状況

函館市に津波被害を及ぼすとされる地震として2012年に北海道により発表された千島海溝でのL2地震津波と下北半島北西沿岸部における地殻変動の研究⁹⁾によれば、下北半島西端部・大間周辺に活断層が存在しており、函館市に近いことから津波被害を及ぼす可能性がある地震津波について、IRIC-ERIMOの津波シミュレーション¹⁰⁾を実施し、5つの地区について最大水位および到達時間から津波被害の検討を行った(図-2)。

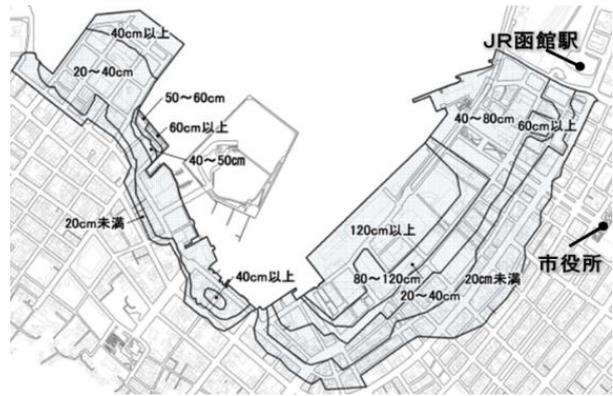


図-1 東日本大震災津波による浸水実績¹¹⁾



図-2 津波シミュレーション結果の各測定地点

表-1 函館市での最大水位および津波到達時間

地区	下北半島地震		L2地震津波地震	
	最大水位(m)	到達時間(分)	最大水位(m)	到達時間(分)
①	06	27	52	80
②	08	16	48	60
③	1.1	15	40	54
④	19	12	73	41
⑤	1.0	20	61	37

津波シミュレーションの解析結果として、L2地震津波では、西部地区に地震発生から1時間20分後に5m近くの津波が到達し、少なくとも4m以上浸水すると想定できる(表-1)。西部地区は観光施設に加え、駅や市役所をはじめとする都市機能のほか、路面電車やバス等による交通機能が集中し、観光スポットが多いため、観光客が多く集まる地区である。津波発生から1時間以上の避難時間の猶予はあるが、観光客は土地勘がなく津波避難場所がわからないため避難に時間を有するという点から、甚大な津波被害が懸念される。湯の川地区では津波発生から1時間後に4.8mの津波が到達し、3m以上の浸水が想定される。湯の川地区は河口部に位置し温泉ホテル旅館が密集しており、住宅地も多いことから甚大な津波被害が懸念されることから、東日本大震災以上の甚大な被害が想定される。また、下北半島地震では各地点で1m近くの津波が30分以内に到達することが想定される。この地震では、津波到達時間が非常に短く、避難時間の猶予

が短いことが特徴である。また、L2地震津波に比べ津波高は低いものの、浜町では2mと想定され、沿岸部の建物の浸水や漁業施設の被害が懸念される。そのため早急な避難を要し、さらに震源地が函館市に近いため地震そのものの被害により建物の崩壊など津波避難の際に避難場所への交通アクセスに影響を及ぼす可能性があるほか、防潮堤や防波堤といった海岸構造物の破壊により想定津波高から懸念されること以上の津波被害が生じる可能性があるが、観光客が集中する地区での津波被害は軽微であると考え、本研究ではL2地震津波について検討を行った。しかしながら、IRIC - ERIMOの津波シミュレーションは遡上計算を含まないため2012年に北海道により発表された千島海溝でのL2地震津波による浸水想定データを用いた。

3. 函館市における避難場所の立地特性

図-3、図-4に函館市の西部地区および湯の川地区における浸水区域の避難場所の立地を示す。表-2に津波の発生時に利用できる函館市の津波避難場所の立地特性を示す。図-3より、西部地区の浸水区域内に津波避難ビルが多く見受けられる。津波避難ビルは一時避難のために利用できるが、浸水区域に立地しているため津波避難ビルに取り残される可能性が高いと考えられる。また、津波避難ビルが指定避難所として指定されている場所はあるが、浸水区域内にあり応急的な生活は望めないため、L2地震津波においては緊急避難所としてしか考えられないことから、避難誘導の重要性が示唆される。

図-4より、湯の川地区は避難場所が少なく、浸水区域内に一か所だけ津波避難ビルが立地しており、他の津波避難ビルが遠くに立地しているため、浸水区域内の津波避難ビルに一時避難者が集中し、混雑する可能性が示唆される。また、指定避難所は遠いため避難誘導の重要性も示唆される。

表-2より、西部地区と湯の川地区を比較すると、西部地区は、津波避難ビルが24箇所と多い、しかし、指定避難所は7箇所であるが、津波浸水区域にある指定避難所を含まないとするなら、短・中期間応急的な生活をする場所となる指定避難所が少ない。それに対し、湯の川地区は津波避難ビルが3箇所指定避難所も3箇所と西部地区に比べると非常に少ないと言える。このことから、湯の川地区の津波避難所となりえる場所を再検討する必要があると考える。

表-2 函館市における指定避難場所の現況

区分	西部地区		湯の川地区		函館市全域	
	箇所	標高 (m)	箇所	標高 (m)	箇所	標高 (m)
緊急避難所	11	15.7	4	14	68	23.4
緊急避難地	1	7.2	1	15.8	32	28
広域避難地	0	0	0	0	1	12.7
津波避難ビル	24	3.2	3	4.6	61	3.2
指定避難所	7	19.4	3	12	49	25.1
全体	30	6.8	7	10.3	151	20.2

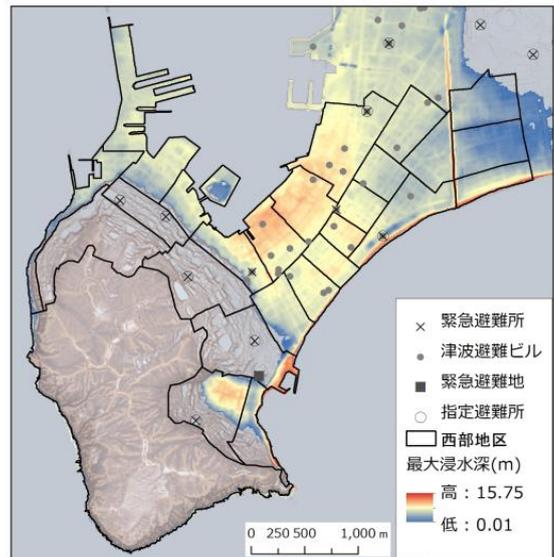


図-3 西部地区における避難場所

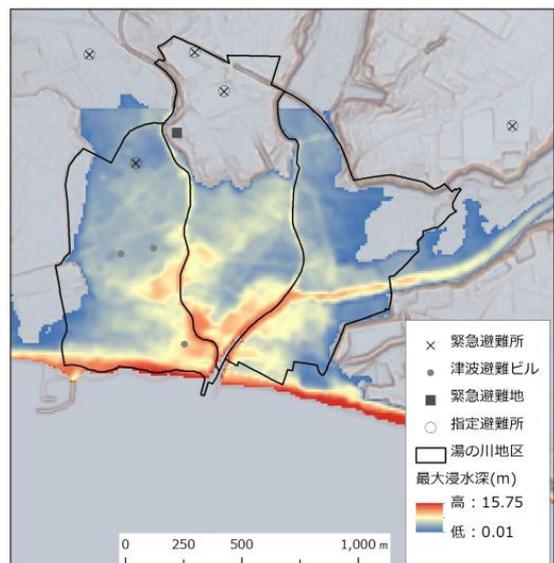


図-4 湯の川地区における避難場所

4. 道路ネットワークとしての都市形態からみた観光防災の分析

過去の研究により、ある特定の避難施設に一時避難者が集中する可能性が示唆されたため、対象地区に立地する新たに指定された緊急避難所および指定避難ビル津波避難ビルが災害発生時にどのように混雑するのかを道路ネットワークにおけるアクセシビリティを定量的に評価するSpace Syntax理論²⁾を用いて、アクセシビリティの高さによる各津波避難場所の混雑度の検討を行った。

(1) Space Syntax理論を用いた分析

Space Syntax理論（以下、SS理論）とは、1980年代前半に英国ロンドン大学（UCL）のHillierらによって提唱された、空間構造を定量的に解析するための手法である。分析対象は、住宅の内部空間といった小規模なものから、

都市全体の街路ネットワークと幅広く、SS理論を用いる目的、適用方法も多様化している¹³⁾。本研究では、SS理論を都市に適用する場合に多く用いられるAxial Analysisの解析手法を用いた。まず、都市の街路空間を全ての角が凸になるConvex Space という平面に分割し、それらを全て貫くようにAxial Line という直線がそれぞれ最長かつ本数が最小となるように作成する。Axial Line によって表される地図をAxial Mapといい、Axial Line を頂点とし、その隣接関係を辺とするグラフに変換して解析を行う。あるAxial Line から他のAxial Lineに対する位相的な距離をDepthといい、Depthを解析範囲内にある他のすべてのLine に対して集計した値（Mean Depth : MD）からRelative Asymmetry (RA) が求められる（(1)式）。

$$RA = \frac{2(MD - 1)}{k - 2} \quad \dots(1)$$

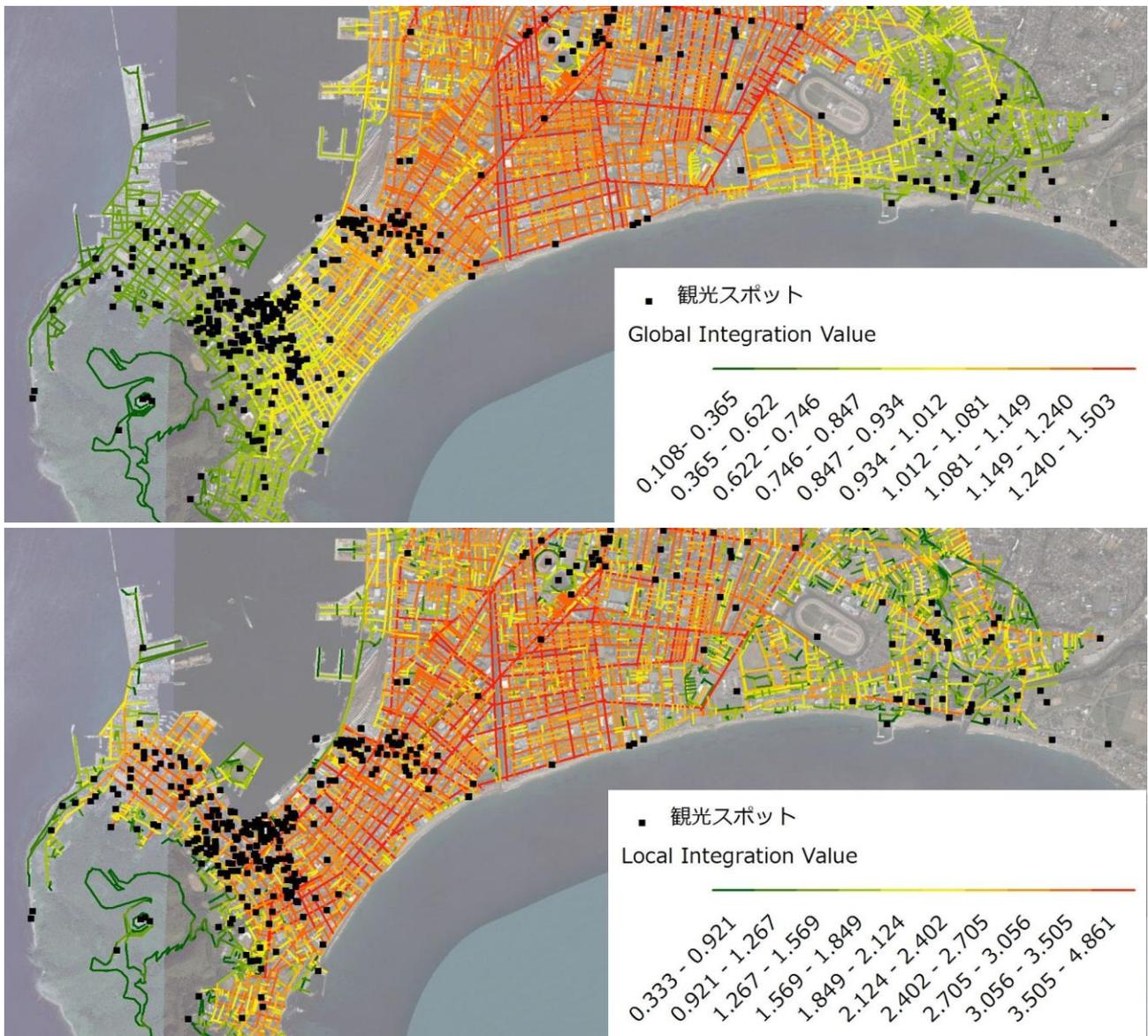


図-5 観光スポットの分布状況およびAxial 分析の結果

D_k は全空間の数を表し、RAは解析する Axial Line の数に依存する値であるため、これを D_k 値 (2式) で割ることで標準化して Real Relative Asymmetry (RRA)が求められ (3式) , それを感覚的に理解しやすいように逆数を取ったものが Integration Value (以下, Int.V) であり、以下の式で求められる (4式) .

$$D_k = \frac{2 \left(k \log_2 \left(\frac{k+2}{3} \right) - 1 \right)}{(k-1)(k-2)} \quad \dots(2)$$

$$RRA = \frac{RA}{D_k} \quad \dots(3)$$

$$Int.V = \frac{1}{RRA} \quad \dots(4)$$

Int.Vは、その場所へのアクセスのしやすさを表しており、値が高いほどアクセシビリティも高いと評価することができる。また、すべてのLineに対して総当りにDepthを求めて算出したGlobal Int.Vは、対象地域全体からみたアクセシビリティを表し、自動車交通量と強い相関関係を示すことが知られている。一方、Local Int.VはDepthの解析範囲 (一般にRadius=3) を限定して算出し局所的なアクセシビリティを表し、歩行者交通量と強い相関関係を示している¹⁴⁾。

(2) 観光スポットおよび避難場所におけるInt.Vの傾向

函館市の Axial 分析の結果を踏まえた上で、函館市が公表している観光情報のはこぶらを基礎として西部地区の観光スポットにおける Global Int.V と湯の川地区の観光スポットにおける Local Int.V を求めた (図-5) . 一般に、震災時の観光客の避難場所への移動手段は徒歩であり、Local Int.V は歩行者交通量と一定の相関があるということからも、この値が高い避難所へ避難が集中することがわかる。西部地区は、飲食店や観光地が多く立地していることが見受けられる。

表-3 より、西部地区の津波避難ビルの Local Int.V, Global Int.V は、ともに高い値を示して周辺の地域や施設、また、函館市全体からのアクセシビリティも高いことから、観光客のみならず、地域住民の避難者も集中する可能性が高い。よって、初期避難行動として避難者の属性に応じた避難方向 および避難場所の設定が必要である。

湯の川地区は西部地区に次いでホテルや温泉施設などの観光スポットが多く見受けられる。表-3, 表-4より、湯の川地区は温泉やレジャー施設から避難所までの

Local Int.V, Global Int.Vともに低い値を示しており、避難所までの交通アクセスが容易でないことを示している。

また、湯の川地区は避難場所が少なく、観光客は土地勘がないことから避難に時間を要するため、避難が困難な浮遊観光客が多くなりうる可能性がある。このことから、ホテルや温泉施設などの観光関連事業者の横方向の連携が重要である。

表-3 避難場所におけるIntegration Value

区分	西部地区		湯の川地区	
	Global	Local	Global	Local
緊急避難場所	0.886	2.476	0.848	2.181
緊急避難地	0.772	1.588	0.769	2.242
津波避難ビル	1.027	2.931	0.858	2.283
避難場所全体	0.973	2.787	0.845	2.227

表-4 観光スポットにおけるIntegration Value

区分	西部地区		湯の川地区	
	Global	Local	Global	Local
温泉	0.832	2.122	0.798	1.841
見る	0.875	2.875	0.844	2.038
食べる	0.990	2.975	0.814	2.102
買う	0.955	2.952	—	—
遊ぶ	0.970	2.863	0.766	1.793
全体	0.960	2.934	0.801	1.971

5. 結語

既往研究より、特定の津波避難施設および津波避難ビルに避難者が集中し混雑するという問題が生じたため、避難経路となる道路ネットワークにおける定量的な分析を通じて、津波避難体制および避難誘導における課題の抽出を行い、函館市が公表している観光情報を基礎として空間統計手法を用いることで、来街者の空間的分布の把握を試みた。

結果として、西部地区は観光スポットも多く、アクセシビリティが高いことから一部の避難場所が混雑する可能性が高いため、避難場所および避難経路の見直しが必要である。それに対して、湯の川地区は西部地区に対し観光スポットは少ないものの宿泊施設が多く、都市形態としてはアクセシビリティが低く、津波避難所が少ないため、災害の発生時間においては観光客において避難が困難な浮遊観光客が多く発生しうる。

今後の避難体制として、観光客および地域住民による混雑が懸念される避難場所については、避難場所および避難経路について見直しが必要である。

参考文献

- 1) 函館市：津波ハザードマップ（平成 25 年 3 月作成）
<http://www.city.hakodate.hokkaido.jp/docs/2014022400517>
- 2) 橋詰知喜，宮武誠，布村重樹：観光地函館における津波防災の課題とその解決に向けた検討，平成 24 年度土木学会北海道支部論文報告集，第 69 号，B-52，
- 3) 橋詰知喜，宮武誠，永家忠司：函館市における「観光防災」の課題とその解決に向けた検討，土木学会北海道支部論文報告集，第 70 号，B-55，2014.
- 4) 橋詰知喜，永家忠司，宮武誠，布村重樹：函館市における「観光防災」の課題とその解決に向けた検討，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.70，No.2，pp.43-48，2014
- 5)
- 6) 京都市：帰宅困難者対 <http://www.city.kyoto.lg.jp/gyozai/page/0000076886.html>
- 7) 櫻庭郁巳，永家忠司，宮武誠，川村怜音：「観光防災」のための災害図上訓練の試行的実施と避難誘導における課題に関する検討
- 8) 函館市：災害対策基本法の改正に伴い「避難所の見直し」
<https://www.city.hakodate.hokkaido.jp/docs/2016032300054/>
- 9) 北海道：市町村別・月別観光入込客数，平成 24 年度
北海道観光入込客数調査報告書 pp.6~28
- 10) 渡辺満久・中田高・鈴木康弘・小岩直人：下北半島北西端周辺の地震性隆起海岸地形と海底活断層，活断層研究 No.36，2012
- 11) IRIC Project，<http://i-ric.org/ja/software/6/>
- 12) 門田寛一：函館市内における 3.11 東北地方太平洋沖地震の津波被害において，2011 年度地理学野外実習報告書IV，pp.35-41，2013
- 13) Hillier.B.Hanson.J：Social Logic of Space，Cambridge University Press，1984
- 14) 高野裕作，佐々木葉：Space Syntax を用いた都市空間構造研究の動向と展望，景観・デザイン研究講演集，No.6，2010
- 15) 高野裕作，佐々木葉：シークエンシャルな景観体験を考慮した場の景観の分析手法に関する研究－Space Syntax 理論を適用した手法の提案と検証－，景観・デザイン研究講演集，pp.43-48，2007