

平成 30 年 6 月 8 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K06334

研究課題名(和文) 夜間停電時の津波からの迅速避難を誘導する光環境整備研究

研究課題名(英文) Study on lighting environment improvement inducing rapid evacuation from tsunami during nighttime power failure

研究代表者

小林 茂雄 (Kobayashi, Shigeo)

東京都市大学・工学部・教授

研究者番号：20262313

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では震災で甚大な被害を受けたいわき市久之浜町と気仙沼市の沿岸部を対象として、夜間の非常時において咄嗟に方向や避難路を認識できるようにしながら、その地域の持つ地形や文化などの空間的特徴を光で可視化する照明社会実験を実施した。避難路認識調査を踏まえて、高台などの地形や、神社など避難の目印となる文化的要素、家屋や空地などに照明を設置した。社会実験の結果、90%以上の住民が夜間でも光によって地理的な方向が認識できるようになった。日常的に地形を可視化することは、夜間の街の様子を記憶に残し、津波による災害が起こった際に逃げる方向の判断を向上させる効果がある。被災地以外への適用可能性も考えられる。

研究成果の概要(英文)：This research aimed at the Hisanohama town in Iwaki city and the coastal area in Kesenuma city which suffered serious damage from the earthquake disaster in 2011. The lighting social experiments which visualizes the geographical directions and spatial characteristics with lights were conducted. Based on the escape-route investigation, lighting fixtures were attached to the hills, houses at junctions, open spaces, and cultural factors which were the landmarks of evacuation such as hilltop shrines. As a result of the experiments, more than 90% of residents answered that they could recognize the geographical directions by the lights in nighttime. In every district with a possibility of suffering tsunami damage, it is considered that the lighting environment technique carried by this research is applicable.

研究分野：建築環境工学

キーワード：津波 避難照明 地形認識 停電 空間認知 照明社会実験

1. 研究開始当初の背景

2011年3月11日の東日本大震災において、沿岸部では地震発生直後、津波が到来する前に即座に高台へと避難することの重要性が改めて認識された。今回の地震・津波は日中に起こったが、内閣府が発表している南海トラフ地震の被害想定（2012.8）では、深夜に津波が襲来した場合、昼間の三倍以上の被害が出ると予測している。多数の人々が就寝しているために初期行動が遅れることと、夜間の屋外では位置情報が得られにくく、咄嗟に避難方向や経路を認識することができないためである。一帯が停電になった場合はさらに深刻な状況となるであろう。

東日本大震災以降、こうした夜間災害に対する危機意識が高まり、和歌山県田辺市や兵庫県南あわじ市などで夜間の津波に備える初の避難訓練が実施された。高台避難のための照明の効率化を検討し、整備への提言をまとめることは、全国の沿岸地域の住民に対して機敏な行動を促すことに寄与する。

2. 研究の目的

(1) 研究の趣旨

復興基盤整備中の東北地方の津波被災地において、避難路確保と地域特有の風景の継承の両者を併存させた光環境整備のあり方を提案し、その効果を検証することを目的とする。福島県いわき市久之浜町と、宮城県気仙沼市内湾地区を対象とし、現地において社会実験を実施する。筆者はこれまで、岩手県釜石市や陸前高田市などの被災地で、避難誘導の照明提案を行ってきたが、数百メートル程度の範囲に限定されていた。本研究は沿岸部の街全体を対象に検討する。

安全性の確保が求められる沿岸地域では、通常 JIS の照明基準や道路照明基準に沿った画一的な屋外照明が計画されることが多く、地域の風土や景観が考慮されることはほとんどない。地域性を取り込むことが安全性の確保にも寄与する可能性があることを提起する。海に面して街が形成されていることを津波被災地の特徴的な風景であると捉え、主に沿岸部の風景を可視化することと避難誘導を両立させる光環境を構築することを目的とする。

(2) 研究対象地の課題

福島県いわき市久之浜町は、市の北東端の太平洋沿岸に位置し、風光明媚な海岸線と、天然の入江を利用した漁港を有している。東日本大震災において沿岸の住宅や商店街は津波被害を受け、多くの家屋が取り壊された。津波などの災害に対する不安は、暗く周辺が見えにくくなり避難方向が分かりにくい夜間により一層強くなっていた。2015年の研究時は、沿岸の土地を嵩上げて新たな道路と防災緑地と住宅地を建設中であった。土木工事において安全は確保されるようにはなるが、区画整理によって近代的で画一的な街路

網が形成されることになり、それまで街が持っていた景観や地形の一部が失われてしまうことが予想された。そこで、夜間の避難誘導を高めると同時に、久之浜の特有の風景や歴史や家並みを再認識してもらうような光環境を提案しようと考えた。

気仙沼市は宮城県の北東端に位置し、東は太平洋に面する。三陸の他地域と同様にリアス式海岸が続いているが、岩手県沿岸と比較して標高が低くなだらかな丘陵が多い。街の中心は気仙沼湾の最奥部に位置し、古くから交易港・漁港として栄えてきた。2016年の研究時は、土地区画整理事業が進められており、建物基礎等を撤去し、盛土・嵩上げ工事が実施されていた。かつての港町の活気を取り戻そうとすべく、港と一体となった街づくりが計画されている最中であった。復興に向けて大きく変わろうとする気仙沼において、沿岸部の独特の風景を夜間にも感じ取るようにすることと、夜間に災害が発生した際に速やかに避難できるような光環境を整えることを同時に提案しようと考えた。

3. 研究の方法

(1) いわき市久之浜での照明実験

津波からの避難の際にどのような要素が目印となるかを把握する事前調査を踏まえて、避難路認識を補助する光環境の計画を提案した。以下の三点を骨子としている。

- ① 地形と目印を照らす光：特徴的な地形（山や高台の家並み）を可視化し、目印となる文化や歴史を表す景観要素（神社仏閣、鳥居、記念碑、店舗や街案内の看板）に光によって特徴づける。
- ② 生活を表出する光：店舗や住宅に光を灯し、地域の生活の光を街路に表出させる。
- ③ 空地を照らす光：建物の消失によってつくられた暗がりやを解消して空間把握を促すために、空地に照明設置を行なう。

照明社会実験は2015年3月1日から同年4月5日まで36日間行った。図1に光源配灯図と高台（立地区）の断面図を示す。表1に光源の種類と消費電力を示す。駅前地区から見て高台が立体的に見えるよう表側（駅前地区側）に取り付けている。高台にある津守神社の鳥居や樹木を照らし、地形の輪郭を強調させている。また避難の目印とするため、調査で指摘された箇所や交差点に面する店舗の住宅の壁面や玄関先に照明を取り付けた。図2に設置後の風景を示す。

照明実験の前後において、50名の住民（10代から80代の男性19名、女性31名）を対象に、避難経路把握の聞き取り調査を行った。図3に通常時と実験時の調査結果を示す。実験時は通常時（夜間）と比べ、圧倒的に避難路を認識できる範囲が広まっている。また大久川の西側では広範囲に渡って避難路を認識できる度合いが高まった。この理由としては、被災によって家屋の隙間が発生したため、照明を取り付けた高台が様々な位置から立

体的に見えるようになったことが考えられる。照明を設置した状態で1ヶ月生活した住民42名(男性19名、女性23名)にアンケート調査を行った。その結果、「光によって地理的な方向が認識できるか」の問いに対し90%以上が「はい」と答え、今回の実験によって避難路が認識しやすくなったことが改めて確認できた。



図1 いわき市久之浜の照明実験配灯図
 上: 高台となる立地区の配灯図
 中: 久之浜駅前通り周辺の配灯図
 下: 立地区の断面模式図。高台と避難経路を可視化するために、斜面の建物の西側に光を取り付けている。

表1 通常時と実験時の光源種別

	部位	光源	色温度 [K]	個数	単価 光束 [lm]	単価 消費電力 [W]
通常時	道路	水銀灯(商店街灯)	4,100	8	1,850	200
		白色蛍光灯(防犯灯)	4,200	20	250	40
	合計			28	19,800	2,540
実験時	道路	電球色蛍光灯(防犯灯)	2,800	10	250	20
		白熱電球(クリア)	2,500	35	70	10
		点滅白熱電球	2,800	4	70	10
	建物	LED電球	2,500	10	175	20
		LED投光器	5,800	6	110	10
	空地	白熱電球(クリア)	2,500	29	70	10
		ソーラーライト(LED)	2,500	9	175	5
樹林	LED投光器	5,800	5	110	10	
合計			108	11,795	1,212	



図2 いわき市久之浜での照明実験の様子
 沿岸部の固有の地形を表しながら、高台と海と避難経路を可視化している。

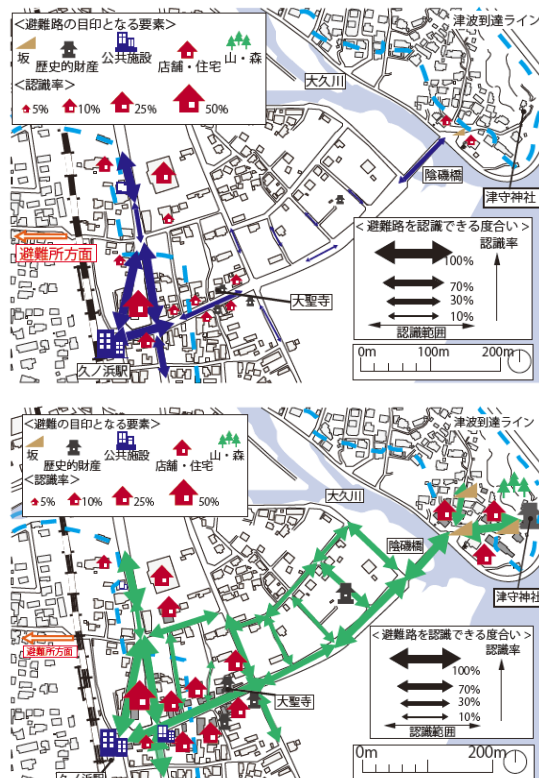


図3 通常時(上)と実験時(下)の避難路認識範囲

(2) 気仙沼市での照明実験

気仙沼市中心部の3つのエリアを選定し、照明計画を検討することとした。光環境計画の骨子とした内容を下記に示す。

- ① 「五十鈴神社」は内湾から張り出した神明崎にあり、内湾の様々な場所から認識可能である。境内へ上がる階段を遠方から認識させると同時に、境内の背の高い樹木や社殿を投光することと、沿岸部の経路沿いに光を連続配置することを計画した。神社の位置と経路を示すと共に、反射光によって海の場所が感じられやすくなることを意図した。
- ② 「沿岸ビル」は海岸沿いの道路の交差点に建つ建物であり、沿岸から内陸部への起点となる場所に位置している。建物の四隅に光を取り付けることで、遠方から交差点の位置を認識しやすくすることと街並みを感じさせることを意図した。
- ③ 「入沢住宅街」は、津波被害を極限で免れた地域で、高台への起点となる場所に位置している。階段などの避難経路を可視化し、人の気配を感じさせる光を各々の住民の意見を聞きながら玄関周りに設置した。また高台方向を強調するように、避難路入口周辺から避難方向の目印となる背の高い樹木や酒造場の煙突をライトアップした。

2016年8月1日～8月28日の28日間に渡って照明社会実験を実施した。図4に各地区での実験時の配灯図を、図5に写真を示している。

照明実験の前後において、気仙沼市の中心市街地で高台への避難経路を認識できるかを把握する調査を行った。図6に調査結果を示す。照明実験時には、新たに光源を取りつけたエリアにおいて、避難路認識範囲は大きく拡大する結果になった。また設置した地域に留まらず、その周辺の認識範囲も広がって

いることが分かる。高台へ続く坂道や階段に照明を設置したり、交差点に光を追加したりしたことで、夜間においても避難経路や高台方向を近接する地域からも認識しやすくなり、誘導効果が高められることとなったといえる。

またこの地域の風景の象徴の一つである五十鈴神社については、実験前後で市街のどの位置からその場所を確認できるかを把握する調査を行った。図7に調査結果を示す。昼間は内湾に沿って1kmほど離れた位置からも神社が認識できるが、夜間通常時は神社周辺の200mほどの距離からしかはっきり認識できていない。一方実験時は、沿岸部の認識範囲は昼間と同等で、対岸からもはっきりと神社の位置が認識できている。樹木を投光したり沿岸部に光を連続配置したりした様子が直接見えるだけでなく、光が海面に映り込むことでより場所が分かりやすくなっている。地域の特徴的なランドマークを光によって可視化することは、自分の位置を確認する機能を与えることになり、夜間の災害時において有効なサインとなる。また、海の方が認識できることは、反対側に高台があるという地形的な方向感覚を与えることにも役立つと考えられる。

さらに、地域住民21名(男性12名、女性9名)を対象に実験時の夜間景観に関して聞き取り式のアンケート調査を行った。その結果、夜の景観としても概ね好ましい評価が得られ、気仙沼らしさが出されており、街を散策したくなるとの回答があった。「昔を感じるようだ」「温かみがある」「神社が見えるのが良い」といった過去の風景や人の生活、伝統的な要素の認識について挙げるものがあった。課題点としては、「もう少し明るい方が良い」「人の少ない時間帯まで点灯する必要はない」などの意見が挙げられた。

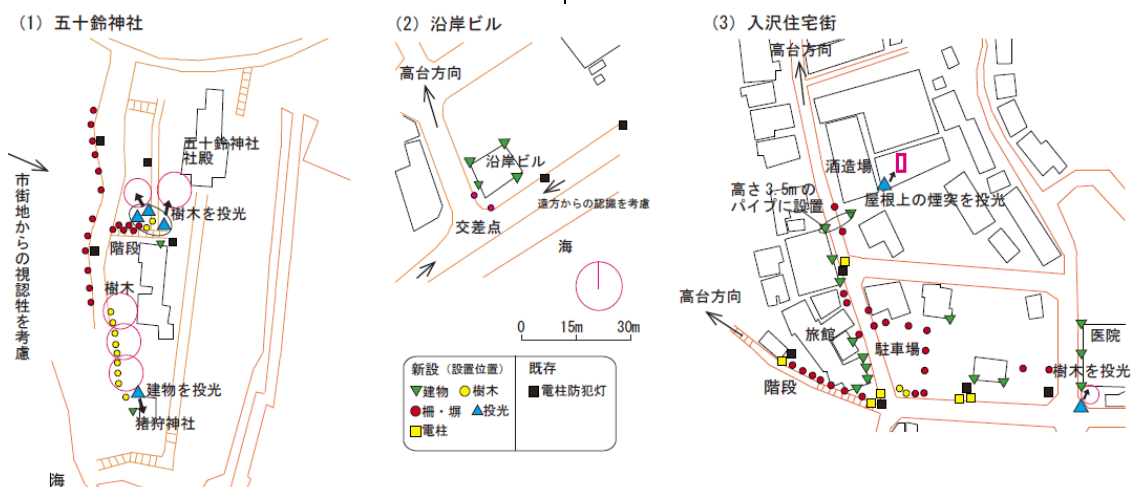


図4 気仙沼市の照明実験配灯図

- ① 五十鈴神社: 遠方からこの場所を認識できるような光を配置し、沿岸部の空間把握を助ける。
- ② 沿岸ビル: 沿岸の交差点と高台方向を、建物に取り付けた光で認識させる。
- ③ 入沢住宅街: 高台方向と避難経路を、建物や階段に取り付けた光で認識させる。



図5 気仙沼市の照明実験の様子

上: 湾を挟んで望む五十鈴神社。水面に反射した光によって海の位置を認識できる。
 中: 沿岸ビル。交差点の位置と高台方向(左)を示す。
 下: 入沢住宅街。高台方向(左の階段と中央奥)の可視化と街並みの認識を助ける。



図6(1) 通常時の避難路認識調査



図6(2) 実験時の避難路認識調査



図7 照明実験前後での五十鈴神社認識範囲

地域の特徴的なランドマークである神社の認識範囲が広がることで、自分の位置を確認する機能を与えることになり、夜間の災害時において有効なサインとなる。

4. 研究成果

(1) 研究のまとめ

東日本大震災において甚大な津波被害を受けた福島県いわき市久之浜町と宮城県気仙沼市内湾地区を対象として、夜間に災害が発生した際に速やかに避難できるようにすることに加えて、地域の持つ固有の沿岸部風景を夜間にも感じ取れるようにすることを同時に実現するための光環境のあり方について検討した。避難路認識調査を踏まえて、高台などの地形や、神社など避難の目印となる文化的要素、家屋や空地などに照明を設置する方法を考案した。住民や施設管理者、行政等と協力して実験的な照明計画を立案し、それぞれ約1か月間、合計64日間の照明社会実験を実施した。

照明社会実験の前後で、避難路や高台方向の認識などについて調査を行った結果、提案した光の配置によって避難路や地理的な方向が認識できるようになり、その場所らしい地理的な景観も形成できることが確認できた。実験結果を踏まえて、津波被害の危険性のある沿岸部において、防災に配慮した地域の光環境の景観デザインのあり方をまとめ

た。図8に概要を示す。

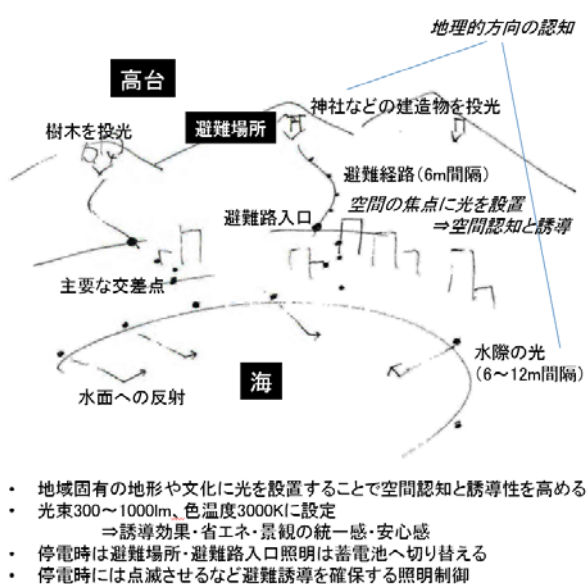


図8 地域景観に配慮した避難照明のあり方

(2) 今後の展望

本研究では景観的な特徴に光を当てることで高台方向が分かりやすくなるように計画した。ただしこうした景観照明が常に点灯していることが良いのかについては賛否の声がある。人の多い時間帯に日常的に灯す常態の光と、非常時に点灯する光を区別していくことも必要になるだろう。津波が来た場合などの緊急時、特に停電時には、照明を点滅させるなど視認性の高い光を使って、人々に異常な状況を認識させて避難を誘導するなどの工夫も考えられる。

停電時の照明システムについては本研究では十分に検討できなかったが、避難場所や避難路入口部分などの主要な照明箇所は、停電時に蓄電池に切り替え、48時間程度点灯させることなどが考えられる。非常時の緊急避難情報をはじめとして、常時の人感センサなどのモニタリング技術を活用することによっても、必要な時に確実に避難経路を示すことができるようになるだろう。

日常的に地形を可視化することは、街の様子を記憶に残し、津波による災害が起こった際に逃げる方向を迅速に判断させる効果がある。本研究は、津波による被災地が近代的で画一的な街へと整備される前に、過去の風景を継承することの意義を防災・減災の観点からも警鐘を鳴らすものである。ここで提案した照明配置手法は、被災地だけでなく、津波被害を受ける恐れのある街において、地域の空間的特徴を感じ、愛着を持たれるような光環境を構築することに活用できるものと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

- ① 小林茂雄、角舘政英、阿部俊彦：宮城県気仙沼市八日町の街並み特有性と高台避難の向上を目指した光環境整備の提案、日本建築学会技術報告集、2018.10 (査読あり)
- ② 小林茂雄、角舘政英、阿部俊彦：宮城県気仙沼市における沿岸風景の可視化と避難方向の認識を両立する光環境の提案、日本建築学会技術報告集、第24巻、第56号、pp.363-366、2018.2 (査読あり)
- ③ 小林茂雄、角舘政英：避難路確保と風景の継承を両立させた福島県久之浜町の夜間光環境整備の提案、日本建築学会技術報告集、第22巻、第52号、pp.1169-1172、2016.10 (査読あり)

〔学会発表〕(計3件)

- ① 小林茂雄：記憶を継承する光、第35回 全国テレビ照明技術者会議、pp.23-26、2017.10.12
- ② 小林茂雄：まちづくりとしての夜間景観、日本建築学会 心理生理のフロンティアを語る (第4回)、2017.2.24
- ③ 寺崎朋美、須田怜那、上村文也、小林茂雄、角舘政英：福島県久之浜町の景観固有性を活かした避難照明社会実験、第38回照明学会東京支部大会講演論文集、p.18、2015.11.30

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小林 茂雄 (KOBAYASHI Shigeo)

東京都市大学・工学部・教授

研究者番号：20262313