

連続的な発光誘導サインの製作と避難誘導計画への応用 (Continuous luminous guidance signage design and application for plannings of evacuation route guidance)

永山 雅大 (Motohiro Nagayama)

Purpose of the present study is to design the signage units of evacuation route guidance using together with the conventional evacuation guidance signage. In order to define route guidance signage requirements for emergency evacuation, field surveys were conducted for the devastated area by the Great East Japan Earthquake. Questionnaires and evacuation scenario surveys were also conducted for evacuee. Furthermore, surveys are conducted for the area where would be affected by Nankai Trough Earthquake. I define the design requirements for the signage of evacuation route guidance from the results of surveys. The signage units of evacuation route guidance are designed based on the design requirements and examined for visibility, emergency notification and directionality. Furthermore, the effectiveness of the improved signage units is examined by the simulated evacuation experiments. The production model drawing and the laying concept plan are prepared and design requirements are determined by defining the set up standard, evacuation distance and time.

Suggested signage units of evacuation route guidance have the possibility of application for plannings of evacuation guidance in order to put the signage units into practical application using the continuous luminous guidance signage in case of wide area disaster.

1. 序論

1.1. 背景と目的

2011 年 3 月 11 日に発生した南三陸沖を震源とする地震（気象庁発表：平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震）は、国内観測史上最大規模（宮城県栗原市において震度 7 を観測）であった。この地震により発生した津波は、東北地方沿岸部に到達し、川を遡上するなどして広域にわたり甚大な被害をもたらした（以下：東日本大震災）。

津波や洪水などの災害に対しては、より高い位置への円滑な避難が必要とされ、特に海拔の低い沿岸部や河川の周辺は、津波や洪水の災害に対し緊急性が高く円滑な避難が必要とされる。しかし、東日本大震災発生当時の沿岸には、津波・高波を示す看板、避難経路を示すサインおよび情報表示板は設置されているが避難経路・避難ルールが明確に定められていない場合や夜間の視認性不足など、避難誘導に対し十分と言えない環境が多くあった。

津波災害に対する避難誘導を考えるにあたり、これまでの避難誘導方法の在り方を再考し、より有効的な避難誘導が必要となる。

本研究は、東日本大震災を経験した教訓と、現地調査やアンケート調査を行い抽出された条件から、広域災害用避難誘導サインのデザイン条件を導いた。得られたデザイン条件を用い従来の避難誘導方法（文字やピクトグラム）に加え、既存のサインと併用し避難誘導時に連続的に発光する新たな誘導サインの提案を試みた。そして、広域に発生した津波などの災害時において、提案する誘導サインが沿岸部や河川河口付近の住民、工場などの従業員、外来者を容易に適切な方向へと避難誘導することを可能とする避難誘導計画への応用に対し、有効性を示すことを目的としている。

1.2. 先行研究

避難誘導サインについての代表的な研究として、太田らによる“避難誘導サイントータルシステム”¹⁾、が挙げられる。避難誘導サインは、従来のピクトグラムを中心に全国標準の非常口から避難場所サインまでの災害時のサインデザインと平常時の景観を損ねないサインシステムとして、社会実験の結果も踏まえ検討している。夜間でも表示を見やすくするために蓄光顔料を使用し、電源がなくても光る特性を活かし、災

害時の真っ暗な中でも、しばらくの間薄緑色の光りを発し、そのサインが暗闇の中でも連続的に光り、避難者が避難所まで自力で到着できるよう検討している。「非常口から避難場所までの避難誘導の手立てに空白がある」および「南海トラフ大地震等の防災対策ですでに施工されている“津波標識”が危険を知らせるデザインとして認識されていない」の2点については、本研究においても共通の課題として捉えることが出来ると思われる。

他にも、田口らによる“防災サイン研究 避難場所誘導サインシステムの開発”²⁾、外国人に焦点をあてた、吉田らによる“外国人の防災意識を高める避難誘導標識の提案”³⁾がある。従来のピクトグラムや文脈を用いた、ピクトグラムの理解度調査や、サインの整理、文脈の調整を主として挙げており、従来の避難誘導サインから大きく変わるものではない。

避難誘導サインに光を用いた研究（ピクトグラム等の発光）は、小林らによる“自光型避難誘導標識の設計・試作”⁴⁾、菊地らによる“夜間における効果的な津波避難誘導標識に関する研究”⁵⁾、などがあげられる。これらの研究では、有機ELもしくはLED光源および蓄光塗料を用い、従来の避難誘導サインに使用されているピクトグラムを発光させることで、夜間の視認性を向上させることを目的としているが、避難経路上に用意するサインとして新たなサインのデザインを行っていない。

LED 発光式道路鋲についての研究は、鈴木らによる“安全横断支援のためのLED発光式道路鋲による横断歩行者注意喚起システムに関する検証”⁶⁾があり、安全不確認・歩行者優先無視等に起因する歩行者事故防止の対象として、誘目性の高いLED発光型道路鋲により横断歩行者の存在をドライバに注意喚起する横断歩行者注意喚起システムについて検討している。夜間の車に向けた注意喚起を目的とした研究であるが、本研究では昼夜を問わず歩行者の誘導に用いることを考えている。

発光点滅を避難誘導に用いた研究では、原氏による“光点滅走行式避難誘導システム”⁷⁾が挙げられる。屋内の閉鎖された条件下の中で、屋外までの経路を誘導することを目的としているため、これまで屋内で用いられてきた従来のピクトグラム同様に、屋外環境へ直接転用できるものではない。

本研究では、道路鋲の形状や機能を参考に、発光の連続性を用いたサインユニットを検討している。すでに製品化され使用されているLED

発光型道路鋲(表1)については、施工方法として地中埋込型と地上貼付け型に分けられ、殆どのがソーラーパネルにより給電を行っている。使用のタイミングは、いずれも夜間の使用を前提としており、設置箇所は主に車道用の物が多く、若干数ではあるが歩道に使用する物もある。機能としては、注意を促すことを目的としたものが殆どであり、道路鋲を用いて誘導を行うことを念頭に作られた製品は確認出来ない。

従って、本研究では、歩行者を対象とした避難誘導の方法として、道路鋲型サインを応用できないかと考えた。

表1. 道路鋲の特徴比較

商品画像	商品名称	会社名	付属情報	昼夜		使用場所		機能	
				昼間	夜間	車道	歩道	注意	誘導
	ソーラーLEDブロック	岩崎電気株式会社	音段は注意喚起を行い、非常時には誘導灯としても使用可能		○		○	○	○
	アポロバells KLT-1CT	株式会社キクテック	センター鋲 地中埋込形 直線・カーブ用有り		○	○		○	
	CVRS-AFシリーズ	株式会社クリーンベンチャー	地上貼付形 超薄型(9mm)		○	○		○	
	マーブオクト	日本ライナー株式会社	地中埋込型 赤色レンズにより昼間でも交差点の位置を確認可能	○	○	○		○	
	エコポイント	積水樹脂株式会社	地上貼付形 緑石鋲		○	○		○	
	セーフアイ SZY	大塚刷毛製造株式会社	地上貼付形 道路上の注意喚起が必要なところへの設置		○	○		○	

1.3. 研究の方法

本研究は、1.1.で述べた目的のため、東日本大震災被災地の調査、既存のサインやその影響、アンケート調査、広域災害が予見される他地域の調査、避難行動中の特性抽出実験から、避難誘導に求められる条件を明らかにし、デザイン条件を定めた。

次に、従来のサイン、ピクトグラムと併用できる発光型避難誘導サインユニットの試作を行い、サインユニットを用いた避難誘導の検証実験と検証から改良点を抽出し、改良点を踏まえた改良型サインユニットの試作と再度検証実験を行った。

最後に、生産モデルの提案と避難誘導サイン敷設構想を行った。

2. 調査分析

調査分析では、広域災害時に必要となる避難誘導サインに対する条件を明確にした。調査内容は、東日本大震災発生後の被災地域の調査、東日本大震災被災者への避難に関するアンケート・シナリオ調査、宮城県を対象とした津波対応避難誘導サイン設置基準調査を行い、避難誘導に対する要素を考察した。また、アンケートの追加調査および南海トラフ地震対象地域の調

査から、現段階における地震・津波に対する考え方と備えの状況の整理、考察を行い、避難行動中の視線位置の検証を行うため、特性抽出実験を行った。

2.1. 東日本大震災被災地の調査

(1) 宮城県沿岸部被災地域調査・考察

調査対象は、名取市と七ヶ浜町とした。名取市沿岸や仙台国際空港周辺は、3km にわたり海拔 3m 以下が続く平野のため、安全な場所までの避難距離が長くなる。海拔が低い地域では、想定される津波の高さ以上の建造物や避難場所に対して津波到達前短時間の避難移動が求められ、避難経路に適した避難誘導サインが必要であることが明らかとなった（表 2）。

表 2. 現地調査分析 1 例
(東日本大震災地域、宮城県名取市沿岸部)

場所	地域特性	現状の避難経路
宮城県名取市沿岸部 海岸から右記撮影位置まで 約800m	海拔が低い地域。沿岸から内陸まで3kmにわたり海拔3m以下の平野が続く。安全な場所までの避難距離が長くなる。 漁港施設と住宅地が混在しているため建造物が周囲の視界を遮り、隣で海や川に向かい津波に襲われる可能性がある。	適切な誘導サイン、適切な避難経路、適切な避難建造物が設置されていない。 従来の避難誘導サインでは、避難指示に対する情報量が少なく、適切な方向へ避難移動することが難しい。 震災後残された設備は、主に路面しか確認出来ない。

七ヶ浜町沿岸は、半島部の地域で海岸線から100～200m程の場所に高台が存在する地域であり、避難時は数百メートル程の移動で高台に到達可能な地域となる。安全な避難位置の視認は、高台方向が道路上から比較的容易に確認できるため進行方向を定めやすい。

調査結果から従来の避難誘導サインでは避難経路指示に対する情報量が少なく、非常時適切な方向へ移動することは難しいことが分かった。このことから、これまでの避難誘導サインに地域ごとの避難経路の明確化を図り情報量を増やすことが求められる。

(2) アンケート・シナリオ調査・考察

2011 年 4 月におけるアンケート・シナリオ調査から避難誘導サインの要求項目が抽出された。抽出された 4 項目、「1. 瞬時にわかる」「2. 意識しなくとも気付く」「3. 視認性の高い」「4. 理解できる」は、避難誘導を行う際にどこにおいても最も重要とされる要求項目であることが推測された。一方、「5. 強制的な」「6. 地域性のある」「7. 低い」の 3 項目は、東日本大震災を経験した上で抽出された項目であり、東日本大震災がもたらした特徴を示していると推測される。「避難情報に強制性がある」「対象地域に適した」「避難行動時視線の位置は低く」これらが避難誘導サインに求められていたと考えられる。

シナリオ調査結果から明確となった避難行動における問題は、「夜間の光源の必要性」「サインの連続性」である。

以上のアンケート・シナリオ調査から避難誘導サインが適切に使用されるため、「低いサイン位置で遠くから視認でき、直感的かつ簡単な避難誘導サイン」「外部の照明に頼らず自立して発光を行う構造」「避難開始から終了まで継続して確認出来ること」の 3 条件が必要と考えられる。

(3) 津波対応避難誘導サイン調査・考察

津波に対する避難誘導サインの設置基準は、東日本大震災を境に大きく変化している。宮城県が 2012 年 3 月に示した「津波避難のための施設整備指針」⁸⁾では、津波避難に対し具体的な避難方法や施設を明記し、市町村が津波避難を誘導する際の基準としている。

この指針⁸⁾の中で、挙げられている項目は、津波避難誘導サインの製作と設置に対する必要条件と捉えることができる。5 項目の内、重用と思われる項目を抜粋し以下に示す。

②津波の危険性、避難場所・避難方向、津波発生を知らせるサインを設置する。

③居住者・従事者。観光や業務などで訪れる外来者・道路通行車両の運転者それぞれに対し、適切なサインの設置場所・掲示内容を検討する。

⑤深夜の災害による停電時に津波が発生した場合の視認性を確保する。

2.2. 追加調査

(1) アンケートの追加調査・考察

2014 年 10 月のアンケート追加調査では、避難誘導サインに対して抽出した項目に変化が見られた。東日本大震災直後と 3 年経過後の心理状況の変化が影響したと考えられる。変化した項目である、「2. 遠くから分かる」「3. 直感的な」「6. 誘導的な」「7. 簡単な」の 4 項目について、「強制的な」から「誘導的な」と言った項目に変化しており、緊急時に求める避難行動の強制性が消え、柔軟かい捉え方となっている。

2011 年 4 月および 2014 年 10 月の時期の異なる調査結果から避難誘導の条件は、「瞬時に分かる・視認性の高い・理解できる」を基に、「低いサイン位置で遠くから視認でき、直感的かつ簡単な避難誘導サイン」とすること、各地域の事情に合わせた避難経路を設定することが必要であると考えられる。

(2) 南海トラフ地震対象地域の調査・考察

浜松市・磐田市・袋井市の調査では、津波避難施設の設置と避難誘導への活用により災害発生時の備えとしている。しかし、津波避難施設周辺住民への周知が基本であり、外来者などに対しては、避難誘導サインが乏しく円滑な避難誘導に課題がある。

中部国際空港から浜松市までの沿岸の調査で

は、東日本大震災以前と同様に、高波注意や津波注意のサインが点在しているだけであった。東日本大震災の被災地調査対象地域である七ヶ浜町沿岸と同様に、数百メートルの移動で到達可能な高台がある地域などは、高低差を活用し、適切な避難誘導が行える箇所も存在する。このことから、調査対象地域に適応した津波避難誘導サインを設置することにより災害発生時の備えとすることが可能であると考ええる。

JR 名古屋駅周辺では、ハザードマップの運用や名古屋市震災避難ガイドラインを用いて対処しているが、聞き取り調査結果では、駅周辺主な施設内には防災マニュアルは用意されているが広域避難等の案内などは用意されていないなどの課題がある。特に、外来者が多い地域であり、ビルなどの建物によって見通しが遮られる箇所も多く、避難時にどの方向への避難が正しいか明確でなく、混乱が発生する可能性が高い。

各現地調査の分析内容の中から、1 例を表 3 に示す。

表 3. 現地調査分析 1 例
(南海トラフ地震対象地域、静岡件浜松沿岸部)

場所	地域特性	現状の避難環境
① 静岡県浜松市沿岸部および住宅地域 海岸から右記撮影位置まで約500m	サーファー、釣り客が多く集まるエリア。 国道と海岸に挟まれたエリアは防潮林で、周辺で一番高い場所であり、進歩道と海を隔てていない。 住宅地内には津波避難タワーが設置、浜名湾港にも設置。	津波の危険性を知らせるサインはあるが明確な避難経路は設定されていない。 防潮林内には避難誘導サインは無い。 避難誘導サインは設置されていない。避難タワーの高さは住宅の屋根のため、目視の確認が難しい。

2.3. 避難行動中における特性抽出実験

2.3.1 視線位置確認実験内容

2.1.1(2) アンケート調査結果においてサインの設置高さが「低い」と言う項目が挙げられた。避難行動中の視線の位置（見ている場所）において進行方向の注視箇所の検証を行うため、東北工業大学、静岡文化芸術大学学内において、実験を実施した。

実験は、高低差がありとなしの 2 通り行った。

(1) 高低差ありの実験 (2015 年 10 月、11 月)

(人数：31 年齢：20 代 性別：男 20, 女 11)

実験（図 1）は、高低差のある見通しの悪い十字路において、ある一方向から進行した際に到着する十字路に、高さ 0mm（下）、1500mm（中）、2500mm（上）それぞれの位置に進行方向を示した矢印サインを設置、一番注視した矢印サイン



図 1. 高低差あり実験場所、矢印：白○箇所
(左：東北工業大学、右：静岡文化芸術大学)

の方向に進行してもらう。

実験場所は、東北工業大学：長町キャンパス 1 号館 3 階から 1 階の階段、静岡文化芸術大学：東棟 4 階から 2 階の階段を用いた。

(2) 高低差なしの実験 (2016 年 6 月、7 月)

(人数：39 年齢：20 代 性別：男 26, 女 13)

実験（図 2）は、平坦な見通しの悪い十字路において、ある 1 方向から進行した際に到着する十字路に、地上 0mm（下）、1350mm（中）、2700mm（上）の位置に進行方向を示した矢印サインを設置、一番注視した矢印サインの方向に進行してもらう。

実験場所は、東北工業大学：長町キャンパス 1 号館エントランス周辺、静岡文化芸術大学：東棟 3 階の通路を用いた。



図 2. 高低差なし実験場所、矢印：白○箇所
(左：東北工業大学、右：静岡文化芸術大学)

2.3.2. 特性抽出実験結果・考察

・高低差あり実験結果

両大学の実験結果を合計すると、58%の被験者が地上 0mm の矢印サインを注視して行動していることがわかる。残りは、2500mm（上）16%、1500mm（中）26%であった。

・高低差なし実験結果

両大学の実験結果を合計すると、69%が地上 1350mm（中）の矢印サインを注視して行動していることがわかった。また、残りは 2700mm（上）が 18%、0mm（下）が 13%であった。

高低差ありとなしを総合して考察すると、高低差ありの（下）の位置から高低差なし（中）へと視線の位置が一段高い結果であり、高低差がある場合、足元を確認しながら進行するため視線の位置（下）と低くなると考えられる。高低差が無い場合、進む先を見通しながら進行するため、目線の位置に近い（中）のサインを注視したと考えられる。

これらの結果から、注視の範囲は目線の高さ（中）から（下）の範囲と捉えることができる。このことから誘導サインの設置位置は、目線より下方に設定することが望ましいと考えられる。

3. 広域災害用避難誘導サインのデザイン条件

調査分析から避難誘導サインのデザイン条件を求めた⁹⁾。

(a) 各地域の実情に合わせた避難誘導の経路お

よび方法が可能

- (b) 周辺既存設備を活用する(壁面や道路情報板など)
- (c) サイン自体の視認性が高い
- (d) 居住者のみならず、外来者が理解し避難が可能
- (e) 従来のサイン情報と連携し、適切に避難情報を増やす
- (f) 直感的かつ簡単なサイン
- (g) 遠くから視認でき、サインの位置が低い
- (h) 深夜(夜間)において視認性を確保する
- (i) 避難開始から終了まで継続している
- (j) 全国瞬時警報システム(J-ALERT)など避難情報との連携連動

4. 避難誘導サインユニットの試作と実験

明確となったデザイン条件に基づき、避難誘導サインのアイデア抽出と展開を行った。

従来から用いられている避難誘導サインと共存するものかつ、視認性の確保、津波到達後の状況や視線位置、サインの連続性等の条件から、自己発光式で設置箇所に路面を用い、連続的に多くを設置することを考えた。また、道路上にすでにある設備を参考にすることで、新たな施工を必要としない方法を検討した。

その結果、避難誘導サインをユニット化して利用に繋げる道路鋲型を見出し、試作モデルを製作した。

避難誘導サインユニットは、「直感的に認識可能な避難誘導」の条件から思考的な理解以外の誘導表示の検討を行い、文字を用いないサインとした。方法は、従来のサインを活用しつつ、LED 光源を用いて情報量の整理を行い避難方向の判断が容易な避難誘導方法をとる。また、低いサイン位置に設置することにより従来のサインとの併用を図れば適切な避難誘導ができると考えた。

4.1. 道路鋲型避難誘導サインユニットの特徴

道路鋲を応用したサインユニット(図3)¹⁰⁾は、歩道および車道等の路面上に埋設する形で使用し、歩行者の足下を照らす灯りの確保と非常時の進行方向および車両の非常時の進行方向を示すことを目的にしている。



図3. 道路鋲型避難誘導サインユニットモデル
(左: 通常時, 右: 非常時)

既存の道路鋲と異なる点は、昼夜に問わず使用可能なこと、主に歩行者に向けて使用するこ

と、一般的な道路鋲が注意喚起や車線の区別、車歩道の分離のために用いられているが、本研究の道路鋲形避難誘導サインは誘導を行うために用いられていることにある。

本サインユニットモデルは、3D プリンターを用い製作し、発光体として LED を用いている。

4.2. サインユニットの視認性検証実験

4.2.1. 視認性検証実験内容

実験の目的は、試作した道路鋲型避難誘導サインユニットを用い、昼間における視認可能距離および色・点灯、点滅方法の違いによる影響を明らかにすることである。

実験は、東北工業大学および静岡文化芸術大学の学生を対象に実施した(図4)。実験場所は、東北工業大学: 長町キャンパスフットサルコート、静岡文化芸術大学: 大学南側歩道を用いた。



図4. 避難誘導サインユニット視認性検証実験場所
(左: 東北工業大学, 右: 静岡文化芸術大学)

サインユニットは赤と緑を同時に実験するため、間を 1000mm 空け設置している(図5)。



図5. サインユニットの設置方法

実験項目は、1) 30m, 60m, 90m における視認性、2) 3 種類の発光方法(点灯・遅い点滅・早い点滅)の中で緊急性の捉え方の違い、3) 全工程を踏まえ、進行したいと感じる色、である。進行したい方向については赤色、緑色の 2 択とした。

4.2.2. 視認性検証実験結果・考察

両大学実験結果(2016 年 6, 7 月)(表4)

(人数: 27 年齢: 20 代 性別: 男 15, 女 12)

視認性は、指定位置から 30m までは可能であるが、距離が 60m 以上となると極端に視認性が低下している。

表4. 視認性検証実験(両大学)(%)

視認性	30m	60m	90m
非常にやや見える			
	赤色 74.1	19.9	視認不可
	緑色 51.7	15.25	視認不可
進行したいと感じる色	赤色 42.5	緑色 54.0	未回答 3.5
緊急性を感じる順序	1	2	3
	点滅(早い: 0.4秒)	点灯	点滅(遅い: 0.8秒)

赤色・緑色の視認性では、全ての距離において赤色の視認性が高いという結果である(図3)。

緊急性は、緊急性を感じた順に 1: 点滅(早い), 2: 点灯, 3: 点滅(遅い)の結果である。

進行したい色は、緑色 54%、赤色 42.5%である。(未回答 4%)。

視認性視認性に関して両大学を比較すると東北工業大学の視認性が高い傾向にある。視認性上昇は、実験場所の路面状況の違いにより差が現れたと考えられ、単色の場合は視認性が良いが、タイルやブロックと言った多色が混合されている歩道面などは、サインユニットの赤色光・緑色光が同化し判断を妨げていると推測される。

発光パターンによる緊急性に関しては、点滅速度が遅くなると緊急性より余裕を与えられと考える。

進行したいと考える色については、赤色の視認性の良さと緊急時の警告色であることが複合して避難時に目指す方向と捉えたと回答を得ている。一方で緑色に関しても「安心・安全に感じる」「避難誘導灯と同様」「信号の進めと同様」等といった意見から適切であるとの回答も得ている。すでに設置されている避難誘導サインとの適合や安全色等の要素から、緑色の視認性が悪い状況改善を図り適切に活用出来るよう検討が必要である。

4.3. 避難誘導サインユニットの改良に向けた考察

サインユニットの視認性への対策は、ユニットのレンズ部分の拡大、発光量増加および設置場所の条件設定等により視認性向上を行う。

サインユニットの設置については、路面埋設方式から簡便な方式への変更を行うことで施工性の向上を行う。

点灯と点滅速度の違いによる緊急性の印象では、視認性が良いことが影響し点滅速度が早い場合に評価が高い。山下らの研究¹¹⁾において「注意喚起や警告の際には、どの色相においても点滅周期を早めリラックス効果を期待する際は、点滅周期を長くするなど、目的に応じた点滅周期を選択することでより高い効果が期待できる」と述べている。このことは、本研究での点滅速度が早い場合に、緊急性の印象評価が高い結果と一致していると考えられる。

点灯点滅の使用色では、赤色・緑色いずれにも優位性が見られない結果である。この結果についても、山下ら前述の研究¹¹⁾において「緊張感は全ての色相において点滅周期 1.2 秒の方が強く感じ、リラックス感は全ての色相において長周期 (4.2 秒) になるにつれて高まる傾向が得られた。不安感や黄色光、赤色光において点滅周期 1.2 秒の方が強く感じ、覚醒度は黄色光、緑色光、青色光において点滅周期 1.2 秒の方が高まる傾向が認められる」と同様の結果を述べ

ている。赤色・緑色の二色の同時使用は、それぞれが進行先と判断する色が異なる場合避難誘導時に混乱が予想される。また、色弱や色盲の人への対応を考えると、同形状の中では色の違いを認識しづらい。既存の避難誘導サインとの適合や JIS 規格における安全色、既存の避難誘導サインに用いられている色等の条件から、サインユニットに使用する色を単色化し、緑色を採用する。

サイン設置位置の高さについて、実験の結果、目線の高さから下方を多く注視していることと、施工上の設置のしやすさから、引続き路面設置を検討する。

サインユニットの改良条件をまとめ下記に示す。

(1) 視認性の向上

- ・発光量増加による視認性の向上
- ・レンズ部分の拡大による視認性の向上

(2) 設置の条件

- ・本体形状の変更
- ・設置方法の変更
- ・路面に設置する形状

(3) 使用の条件

- ・発光色の単色化 (緑)

5. 改良型避難誘導サインユニットの製作と実験

5.1. 避難誘導サインユニットの特徴

改良を行う項目として挙げた条件を満たす、改良型避難誘導サインユニット (図 6)¹⁰⁾ の試作と実験・検証を実施した。

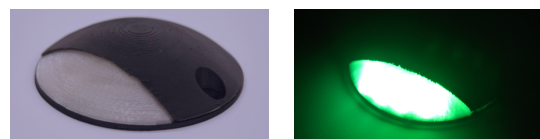


図 6. 改良型避難誘導サインユニットモデル
(左：通常時、右：非常時)

本体形状は、上面は円形を維持し直径も 90mm と変更はないが、小型化および取り付け方法を変更した。小型化について全体の高さは、埋設部分を廃止することにより高さを 50mm から 20mm へ小型化した。また、底面を平らな形状とし路面への直接設置を可能な形態とした。さらに、路面上への設置は、接着およびボルトを使用した方法へ変更した。

サインユニットの視認性向上を図るため、発光量の増加とレンズ部面積の拡大を図る。発光色は、JIS 規格における安全色等の条件から緑 1 色とし、使用していた緑色 LED 2 灯 (1 灯あたり、輝度：23400～30400mcd/20mA) から 4 灯へ増加し、発光量の増加を行った。さらに発光量増加のため発光レンズ面積を拡大した。

点灯方法は、通常時夜間のみ白色点灯を行い、

緊急時は昼夜を問わず緑色点灯又は点滅を行う。点滅間隔は、先行して試作のサインユニットモデルと同様、0.8秒（点灯 50%・滅灯 50%）、0.4秒（点灯 50%・滅灯 50%）である。

5.2. 改良型サインユニット使用方法の検討

サインユニットの設置は、歩車が分離されていない道路（図 7 左）においては、図中緑色指示の様に道路脇路肩部に連続した設置を行う。また、歩者が分離され歩道がある道路（図 7 右）では、原則縁石上（歩道と車道の間）に連続して設置する。上記の両者どちらにおいても、設置を行う経路はすでに各市町村などで設定している避難サインおよび避難経路に従い行う。



図 7. サインユニットの設置想定箇所

設置間隔は、

直線路：直線が続く限り 30m 間隔に設置。

合流地点・交差点：交差点手前 10m, 5m の位置および交差点内に設置。

曲線路：進行方向の見通しに対応して配置間隔を短く調整。

傾斜路：傾斜の始め、傾斜終了などの行動の変化があり、注視が重用になる箇所。とした。

発光方法は、道路の状態に合わせて 3 つのパターンを考えた。点滅速度の基準は、参考にした道路標識の点滅間隔 0.8 秒をもとに、より注意を引く目的で半分の点滅速度 0.4 秒を設定した。直線経路が全点灯、進路変更部は、0.8 秒点滅とし、合流・交差点内は、0.4 秒の点滅とした。

5.3. 改良型サインユニットを用いた検証実験

実験の目的は、改良した避難誘導サインユニットモデルを用い、模擬避難経路（図 8）を用意、



スタート：(S) ゴール：(G)

サインユニット点灯：● 点滅遅い：○ 点滅早い：◎ 中継地点：◇◇◇

図 8. 避難検証実験およびサインユニット設置箇所
(高低差なし、1F 南側歩道から校舎内通路)

適切な誘導が行えるかの確認である。

実験の方法は、静岡文化芸術大学の学生を対象に、避難誘導サインユニットを実験開始前に予め設置、実験の経路とし、実験の開始は、待

機地点から開始地点へ移動後、実験経路へ 1 人ずつ入り、先行している被験者が目視できない時点で次の被験者へ進行可の合図を出すこととした（図 9）。

回答項目は、1. 避難誘導サインの視認性 2. 避難経路としての誘導性 3. 設置間隔が適切か 4. 従来の誘導サインと比較して分かりやすいか 5. 避難行動中考えた点や疑問点の自由記述、である。



図 9. 設置した実験用サインユニットと実験の様子

5.4. 実験の結果・考察

静岡文化芸術大学実験結果(2017 年 2 月)

(人数：15 年齢：20 代 性別：7 人, 8 人)

誘導サインユニット自体の視認性は、早い点滅が 86.6% と最も高く、次に遅い点滅が 60%、点灯が 53.3% の順である。また、直射日光が当たる場所では、視認性が低下している。

避難誘導情報を、発光を用いて表すことにより、視認性が高まることが認められた。点滅の視認性は、点滅速度が早い点滅および遅い点滅を検証した結果、早い点滅の視認性が高い結果となった。このことから、避難誘導情報として避難すべき先の方にある LED の点滅速度を速めて、視認性を高めることが考えられる。

避難経路としての誘導性は、およそ認識出来ていることがわかる。正しい経路をたどってゴールまで到達した被験者は 13 人で、経路から外れた被験者の内 1 名は、連続しているサインを発見し経路へ復帰した。

サインユニットの連続設置は、点滅・点灯した複数の並びと連続した光源を視認することにより進行方向を示す効果となり、避難経路において、避難者が文字などを必要とせず、避難する方向を理解することが可能となる。しかし、実験結果の「従来の避難誘導サインとの比較結果」回答では、被験者の半数が誘導経路において迷いを生じていることが判明し、自由記述の「避難誘導看板と一緒にあると良かった。」「単体を直上から見た際に進行方向が分からない。」「からも避難誘導サインとして情報が不足していることが言える。これらの問題に対しては、文字やピクトグラムを用いた従来の避難誘導サインと本提案避難誘導サインユニットの組み合わせにより、避難誘導経路の明確化および避難情報の整理が図られ解決可能となると考えられる。

設置間隔については、「やや遠い」から「遠い」

が 86.6%の結果となる。本実験に用いた経路においては、従来の避難誘導サインを併用し避難情報の増加を行うか、サインユニット間の距離を近づけるなどの検討が考えられる。

また、光の用い方は、点灯と点滅の変化によって進路変更部に注意を向けることを重視し実験を行ったため、光が進行方向に流れる点滅方法については検討していない。

6. 実用化に向けた構想

6.1. 視認性の課題

(1)方向性の課題については、サインユニットの連続設置や1カ所への設置個数増加により対応。
(2)直射日光下における視認性の課題については、点灯で視認性低下が見られるため、視認性の高い点滅のみの実験と検証も必要であると考ええる。

また、本研究では、発光を用いた誘導を行う上で、夜間よりも昼間に視認性が低下する傾向があるため、主に昼間の視認性確保に重点を置いてきた。今後の検討事項としては、朝、夕、夜間という状況下に置いても検証実験が必要である。

6.2. 実用化に向けた提案

要求スペックとして下記を定めた。

- ・材質
表面パネル、レンズ：ポリカーボネート樹脂
本体：アルミニウム
- ・動作
点灯時間：8時間以上
- ・発電/給電方法
太陽電池：単結晶シリコン
蓄電器：電気二重層コンデンサ
- ・発光部
発光体：LED
発光色：白／緑
光度：白 5000mcd 以上／緑 30000mcd 以上
数量：白 2 灯／緑 4 灯
- ・耐久性
保護レベル：IP65 に準拠
- ・使用環境
水没：常時水没無し
動作温度：-25～+70 度 摂氏
- ・施工技術他考慮
取り付け方法：接着、ボルト止め

※上記の片方もしくは両方を使用し施工
発光開始：避難開始情報（J-ALERT）受信による発光の開始

発光同調：端末間相互リンク方式か電波時計の信号受信による複数個の点滅同調の、どちらかを利用し、ユニット間の点滅同調を図る

設計した道路鋸型サインユニットに使用する各 부품の参考として、外寸で 135×100×9mm 製品（株式会社クリーンベンチャー21, CVRS-AF）があり太陽電池および蓄電器部分はそれ以下の寸法となるため、本研究のサインユニットに太陽電池および蓄電器を搭載する事は可能であると考えている。また、発光同調に用いる装置は、既成の小型無線モジュールが RM-92A:32×24×6.3mm, BTS03:4.7×4.7×2.5mm と、本提案の形状に十分搭載可能なサイズであると共に、すでに標準電波を用いた点滅の同調を行っている道路鋸（1例：日本ライナー株式会社のシンクロライナー、102×82×21mm）を参考とする。

また、生産モデル構想図面(図 10)を作成。静岡県浜松市沿岸を対象とし、避難距離と避難時間を定め、敷設の配置図を作成した(図 11)。敷設構想図に用いた地域は、どれも第2章 南海トラフ対象地域の調査で訪れた避難施設とその周辺を対象とした(浜松漁港周辺津波避難タワー、天竜川沿い津波避難タワー、遠州灘海浜公園津波避難マウンド)。

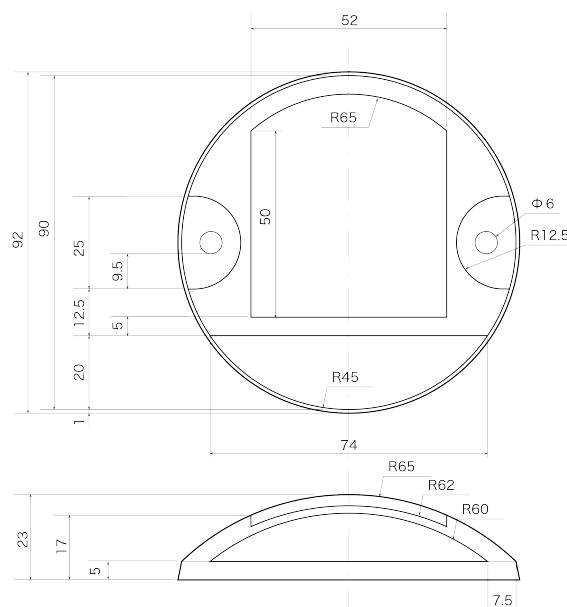


図 10. 生産モデル構想図面（上面、正面部抜粋）

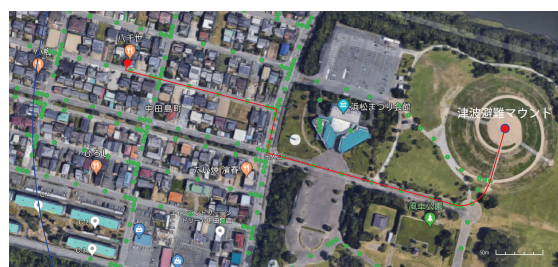


図 11. 敷設配置図 1 例
(遠州灘海浜公園津波避難マウンド周辺)

さらに、広域災害以外における使用提案として、施設内の避難誘導、観覧施設内における避難順路の固定、イベント等での避難誘導、これらにも応用ができる可能性が考えられる。

6.3. 実用化に向けた課題

今後検討すべき課題点もあげられる。
以下に課題点を示す。

1. 水没、積雪、土や草等による視認性確保の課題
2. 従来型避難誘導サインと併用についての検証
3. 凸形状による高さへの課題（足を乗せた際の点灯やつまずき）
4. 耐久性の課題※
5. 制作費用の課題※

※耐久性・制作費用については、耐久性をどの程度満たすか、また、恒久的な使用と単発的に使用する場合で制作費用が大きく異なるため、使用条件を整理し検討する必要がある。

6. 保守管理の課題

7. 結論

東日本大震災で発生した津波を経験し、広域災害発生時に円滑な避難行動が求められる中、避難誘導サインの現状が不十分な点に着目した。

本論文では、宮城県を中心とした東日本大震災被災地の調査、被災者へのアンケート調査から必要条件を抽出、さらに期間をおいたアンケートの追加調査および南海トラフ地震対象地域の調査からデザイン条件を定めた。また、避難誘導サインユニットを製作、実験と検証からサインユニットの改良を行い、さらに実験を行うことにより検証を行った。実用化に向けた構想として、検証実験から得られた視認性の課題整理を行い、生産モデルの提案に向け、要求スペック、サインユニットの敷設配置図を作成。今後検討すべき課題をまとめた。

以上の結果より、広域災害発生時に有効な避難誘導を図る目的とした避難誘導サインユニットは、連続的な発光誘導サインを用いた避難誘導計画への応用に対し、有効性を示すことが出来たと思われる。

参考文献

- 1) 佐々木美貴, 太田幸夫, 牧谷孝則: 避難誘導サイントータルシステム, 日本デザイン学会 デザイン学研究, 2014
- 2) 田口敦子, 佐藤優, 松澤穰, 宮沢功: 防災サイン研究 避難場所誘導サインシステムの開発, 多摩美術大学起用 第 13 号, pp. 181-217, 1998
- 3) 吉田瑠美, 王月, 今出圭祐, 木谷康二, 藤戸幹雄: 外国人の防災意識を高める避難誘導標識の提案, 日本デザイン学会 第 58 回研究発表会, 2011
- 4) 小林丈士, 五十嵐美穂子, 宮島良一: 自光型避難誘導標識の設計・試作, 東京都立産業技術研究センター研究報告, 第 2 号, 2007
- 5) 菊池諒光, 桜井慎一, 寺内将貴: 夜間における効果的な津波避難誘導標識に関する研究, 日本大学理工学部 学術講演会論文集, pp. 619-620, 2014
- 6) 木一史, 田中淳, 泉典宏, 金澤文彦: 安全横断支援のための LED 発光式道路鋸による横断歩行者注意喚起システムに関する検証, 土木計画学研究・講演集 45 巻, 2012
- 7) 原 雅男: 光点減走行式避難誘導システム, 照明学会誌 79 巻 (1995) 9 号 pp. 525-531, 1995
- 8) 宮城県: 津波避難のための施設整備指針～避難場所・津波避難ビル等、避難路、避難誘導サインについて～, p. 57, 2012
- 9) 永山雅大 原田一 永山広樹: 広域災害における避難誘導の実態調査-東日本大震災および発生が予測される南海トラフ地震を対象として, 日本デザイン学会 デザイン学研究, 2018 掲載予定
- 10) 永山雅大 原田一 永山広樹: 広域災害における避難誘導サインユニットの製作, 日本デザイン学会 デザイン学研究, 2018 掲載予定
- 11) 山下 真裕子, 山田 逸成, 安田 昌司: 点滅周期および色光の変化による生理的・心理的影響, 知能と情報 (日本知能情報ファジィ学会誌) Vol. 27, No. 2, pp. 599-607, 2015