

駅における視覚障害者誘導用ブロックの輝度比の測定方法

大野 央人* 鈴木 綾子* 秋保 直弘*

Measuring Methods of the Luminance Ratio between Tactile Walking Surface Indicators and their Surrounding Surfaces at Railway Stations

Hisato OHNO Ayako SUZUKI Naohiro AKIU

Visual contrast between tactile walking surface indicators (TWSIs) and their surrounding surfaces is an important clue for people with low vision when they walk by themselves. Since luminance contrast is distinguished even by the person with color blindness, some guidelines and standards stipulate the numerical targets of luminance contrast. However, none of the existing guidelines and standards provides enough instructions for the practical measurement of luminance contrast between TWSIs and their surrounding surfaces, which is necessary when applying the numerical targets in real environments. In this paper, we propose the measuring methods of the luminance contrast between TWSIs and their surrounding surfaces, taking the environmental characteristics of railway stations into consideration.

キーワード：視覚障害者誘導用ブロック，弱視者，輝度コントラスト，輝度比，測定方法，マニュアル

1. はじめに

近年，社会の様々な場面においてバリアフリーを考慮した環境整備が進展し，一定の効果を上げている。だが，視覚障害者向けの環境整備ではこれまで全盲者のための配慮が中心であり，弱視者が直面する不便や困難については今後いっそう改善していく必要性が指摘されている¹⁾。

視覚障害者誘導用ブロック（以下，ブロックという）は全盲者や弱視者の単独歩行を支援するための補助設備として，駅などの公共空間に広く敷設されている。ブロックを利用する際，全盲者が専ら靴底や白杖から得た触覚情報を用いる一方，弱視者は残存視力による視覚情報も併せて用い，ブロックに触れずに目で確認しながら歩くケースも少なくない^{2) 3)}。そのため，弱視者にとってブロックの視認性は重要な機能である。

弱視者の視認性に配慮して，ブロックは誘目性の高い黄色に着色されるのが一般的だが，ブロックの視認性はブロック単体で決まるものではなく，それには周囲面との視覚コントラストが大きく影響する。視覚コントラストとは輝度コントラスト（明暗のコントラスト）や色のコントラストなどであるが，弱視者は色覚異常を伴うことが少なくなく，色のコントラストは必ずしも有効な手掛かりにはならない。一方，色覚に異常がある場合でも輝度コントラストに対する感度は保たれることから，弱視者の視認性対策は，通常，輝度コントラストに基づいて論じられる。

* 人間科学研究部 人間工学研究室

こうしたことを背景に，道路分野や建築分野のバリアフリー整備ガイドライン^{4) 5)}，あるいはブロックのISO規格⁶⁾にはブロックと周囲面との輝度コントラストに関する数値基準が示されている。駅等の旅客施設においてブロック敷設の規範となる公共交通分野のバリアフリー整備ガイドライン⁷⁾には現在のところそうした数値基準は示されていないが，昨今の社会動向に鑑みれば，将来的には数値基準が導入されることになると予想される⁸⁾。ただ，輝度コントラストの値は測定の仕方によって変動しやすいため，数値基準に従って輝度コントラストを管理するためには，その前提条件として，輝度コントラストを正しく測定する方法が不可欠である。

しかし，駅のブロックに適用可能な輝度コントラストの測定方法を示した指針や規格は見当たらないのが現状である。道路分野・建築分野のバリアフリー整備ガイドライン^{4) 5)}には輝度コントラストの数値基準が示されているものの，それと共に示されているものはJIS Z 9111（道路照明基準）⁹⁾から引用された輝度コントラストの説明だけで，測定方法は示されていない。そのJIS Z 9111には道路面の輝度の測定方法が示されているが，それは自動車の運転手からの路面表示の視認性を想定したもので，例えば前方60mまたは160mの地点を測定することなどが求められている。これは歩行者からのブロックの視認性に適用できるものではない。また，JIS規格の中には輝度コントラストを算出する基礎データとなる輝度や反射率の測定方法を示したものがあるが¹⁰⁾

特集：人間科学

¹¹⁾、ブロックが敷設される歩行面に適用できる測定方法は示されていない。海外においては、ISO規格や他国の国内規格の中にブロックと周囲面の輝度コントラストやそれに関連する物理量の測定方法に言及しているものが存在する^{6) 12) ~ 14)}。それらは有用な情報には違いないが、駅の環境を想定したものではない。

そこで筆者らは、駅のブロックに適用することを想定して輝度コントラストの測定方法を検討し、測定マニュアルを作成した。本稿はその概要を報告する。なお、輝度コントラストを表す指標は複数存在するが、ブロックと周囲面の輝度コントラストを扱う際に、国内では輝度比(単純輝度比)がよく用いられてきた^{4) 5) 15) 16)}。そこで、以下では、特に断らない限り、輝度比という語を以て輝度コントラストを代表させ、2つの語を同様の意味に用いる。

2. 検討の手順

以下のように、3つの段階に分けて検討を行った。

第1段階：試案の作成

輝度比及びこれに関連する物理量の測定方法を記載した既存資料^{6) 9) ~ 14)}を参考にしながら、駅の環境特性を踏まえて輝度比の測定方法を整理し、試案を作成した。

第2段階：実測調査の実施

作成した試案を実際の駅環境に適用できるかを検証するため、コンコース、通路、プラットホームなど、駅の多様な環境を網羅するように、5つの駅から計49箇所を選定し、輝度比に関連する各種物理量の実測調査を行った。この調査で実施できなかった一部の内容については鉄道総研構内で測定を行って補足した。

測定した物理量は、輝度、反射率(正反射を除去)、表面色、照度、照明光の色特性であり、併せてブロック及び床材の素材と種類も記録した。輝度の測定に用いた測定器はCS-100A、反射率の測定に用いた測定器はCR-200(駅における測定)及びCM-600d(鉄道総研における測定)、照度の測定に用いた測定器はT-10A(以上、いずれもコニカミノルタ製)であった。

第3段階：測定方法の確定

実測調査の結果に基づいて試案の妥当性を検証し、必要に応じて適宜修正を加えて、測定方法を確定した。

3. 提案した測定方法の概要

3.1 測定器の選定

輝度比は2つの面(例えばブロックとその周囲面など)で測定した輝度もしくは反射率から算出する。輝度は輝度計、反射率は反射率計(名称は測色計、色差計などの場合もある)で測定するが、これらの測定器にはそれぞれ



a) 輝度計を用いた測定風景(写真はCS-100A)



b) 反射率計を用いた測定風景(写真はCR-200)

図1 輝度計および反射率計の測定風景

れに長所と短所があるため、測定する環境や目的に応じて適切な測定器を選定する必要がある。

輝度計はレンズ光学系を用いた非接触式測定器(図1a)で、当該の環境光の下で被測定面から発散される光量(すなわち輝度)を測定する。歩行者がブロックや床面を見下ろすのと同様のアングルで測定することにより、歩行者の視野を想定した測定が可能である。輝度計で測定される領域(被測定領域)の大きさは測定器と被測定面の距離に応じて決まり、距離の取り方によっては比較的広い面積を測定することができる。そのため、被測定面の表面色に多少の斑や汚れ等があっても、影響を受けにくい。測定結果は環境光に依存し、そのため、輝度比の算出に用いるためにはブロックと床材を同じ光条件の下で測定する必要がある。同様の理由で、測定者自身や周囲の人影の影響を受けるため、注意を要する。また、被測定面に環境光が正反射している(反射して光っている)状態では正確な測定は出来ない。通常、三脚を用いて測定するため、測定作業に占有する面積が広く、機材の取り回しに手間や時間を要する。

一方、反射率計は被測定面に密着させて使用する接触式測定器(図1b)で、測定器内部の光源から被測定面に向けて照射した光が吸収されずに反射される割合(すなわち反射率)を測定する。測定結果は環境光の影響を受けず、そのため、ブロックと床材を時間的・空間的に別々に測定しても輝度比の算出が可能である。測定器の

表1 輝度比を求める観点からの輝度計と反射率計の比較

| | 輝度計 | 反射率計 |
|---------|---|--|
| 方式 | ・非接触式 | ・接触式 |
| 測定する物理量 | ・当該の環境光の下で被測定面から発散される光量を測定 | ・測定器内部の光源から被測定面に光を照射し、吸収されずに反射される割合を測定 |
| 長所 | ・歩行者の視界を想定した測定が可能 ・測定器と被測定面の距離を変えることにより、被測定領域の大きさを調節可能 | ・環境光の影響を受けない ・ブロックと床を同じ光条件の下で測定する必要はない ・取り扱いが容易で、短時間で測定が可能 |
| 短所 | ・環境光の影響を受ける（人影などの影響も受ける） ・ブロックと床を同じ光条件の下で測定する必要がある ・被測定面に環境光が正反射していると正確な測定ができない ・測定に時間と手間を要する（測定アングルや設置高の調節、環境光の正反射を避けた位置決め、等） | ・被測定領域は測定器ごとに固定（通常は8mm Φ程度） ・測定器と被測定面の間に隙間があると正確な測定ができない |

取り回しは容易で、測定作業に要する時間は短くて済む。しかし、通常、被測定領域の大きさは直径8mm程度しかないため、被測定面の表面色の変異（斑、柄、汚れなど）の影響を受けやすい。また、被測定面と測定器の間に隙間があると正確な測定は出来ない。

輝度比を求めるという観点から、輝度計と反射率計の長所と短所などを表1にまとめた。

ところで、歩行者の視野と同様のアングルで測定できることは、輝度計の利点とされる⁶⁾。だが、実測調査において、同じ場所で測定した輝度と反射率のそれぞれから輝度比を算出して、対応関係を調べたところ、両者は概ね一致した（図2；相関係数は $r = 0.96$ 。回帰直線と直線 $y=x$ が統計学的に一致することを確認）。このように輝度計と反射率計のいずれを用いても、輝度比の測定結果に違いが表れないことを考えると、輝度比の測定に関する限り、歩行者の視野と同様のアングルで測定できるという輝度計の特徴は、測定器の選択を左右する理由にはならないと思われる。

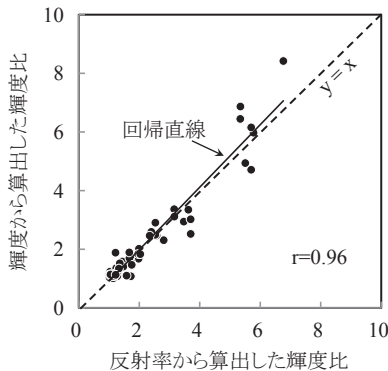


図2 反射率と輝度から算出した輝度比の散布図

3.2 測定機器の設置および設定

3.2.1 輝度計の場合

いくつかの既存資料^{12) 13) 17)}には、歩行者がブロックや床面を見下ろす状況を想定して、歩行面を45度の角度（入射角）で見下ろす形に輝度計を設置することが示されている（図3a）。筆者らもこれを踏襲した。

輝度計の被測定領域の大きさは輝度計を設置する際の歩行面上の高さ（設置高）に依存する。輝度計の測定範囲が広がる角度（測定角）を1度として¹⁰⁾、入射角を45度に設定すると、被測定領域は長径と短径が図4のような楕円形になる。既存資料^{10) 11) 12)}では歩行者の目の位置¹⁰⁾を想定して設置高を1.5m前後に設定しており、これに従って設置高を1.5mとすると、被測定領域の大きさは長径52mm、短径37mmになる。ただ、昨今ではブロックの視認性を向上させるためにブロックの両側に黒色の帯（側帯）を付加する施工例が増えており、側帯の幅には50mm程度のもも見られる。輝度計の設置高を1.5mに設定した場合の被測定領域（長径52mm、短径37mm）は、向きによっては側帯内に収まらない。この点を考慮して、本検討では輝度計の設置高を特定しないこととした。ただし、測定データの信頼性の面からは被測定領域を大きく確保することが望ましいことから、「輝度計の設置高は1.5mを上限として、可能

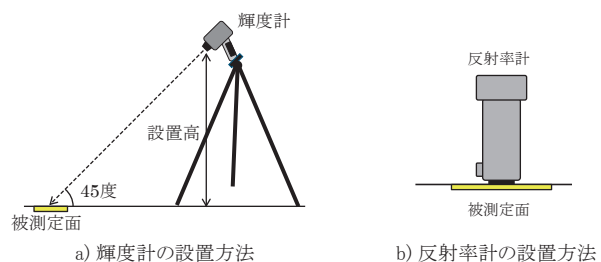


図3 輝度計と反射率計の設置方法

特集：人間科学

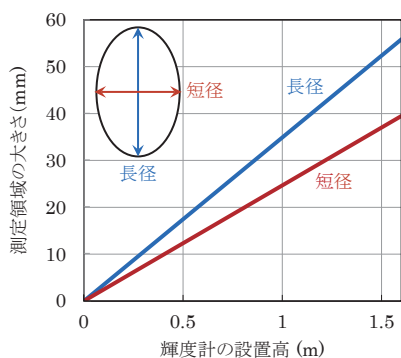


図4 輝度計の設置高と被測定領域の大きさの関係

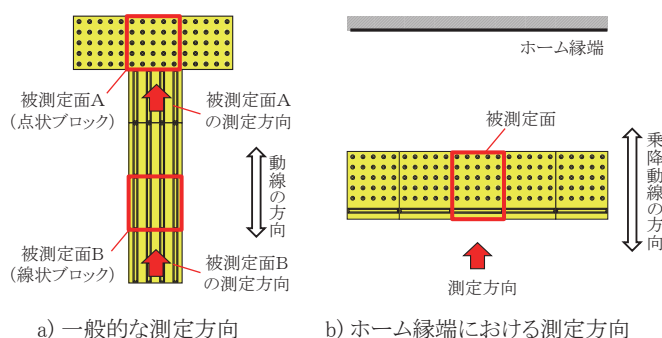


図5 輝度計の測定方向

な範囲で高いことが望ましい」との記述を付記した。

実験室内で測定する際には、正確を期すため、照明光源と被測定面の位置関係に配慮することがある¹⁷⁾。しかし、駅には照明光源は複数存在し、測定箇所と照明の相対位置を必ずしも自由に設定できないため、照明光源の位置は規定しないこととした。

なお、被測定面に環境光が正反射して光っている場合は、輝度計の設置位置や被測定領域の設定位置をずらすなどして、正反射を避ける必要がある。

3.2.2 反射率計の場合

反射率計は被測定面に密着させるように設置 (図3b) する。

反射率計では、通常、正反射を含めて測定するモードと、正反射を除去して測定するモードが選択できる。照明光を正反射して光りやすいブロックや床材を識別するような用途であれば正反射を含めて測定するのが望ましいが、ブロックと周囲面の輝度比を評価する目的で使用する場合には、正反射を含めて測定する必要性は特に見当たらない。そのため、正反射を除去して測定するモードを選択すればよい。

3.3 測定方向

輝度計を用いて測定する際は、歩行者の視野を想定して、ブロックが規定する動線に沿う方向に測定することとした。つまり、点状ブロックの並びに対しては直交する向きに、線状ブロックの並びに対しては沿う向きに測定する (図5a)。

プラットホームは駅に特有の環境であり、そこでは列車に乗降する動線 (線路に直交) とホーム上を移動する動線 (線路に平行) が存在する。ホーム縁端部に敷設されるホーム縁端警告ブロックは注意喚起の機能が第一義であることから、点状突起の並びに直交する向きで測定することとした (図5b)。ちなみに、実測調査においては線路に直交する方向と線路に平行な方向の両方で測定を行い、それぞれ輝度比を算出したが、ほぼ同様の結果であった。

なお、反射率計では測定方向は問題とならない。

3.4 被測定箇所の選定

3.4.1 反射率計の場合

反射率計の被測定領域が小さく、被測定面の斑や柄などの影響を受けやすい欠点をカバーするためには、被測定面上で測定を繰り返し、平均値を求めて代表値とすることが望ましい。ただ、安定した代表値を得るために何回測定を繰り返せば良いかは知見がなかった。

そこで、駅でよく用いられる床材であるテラゾタイルの中から、種石とモルタル部の表面色が明瞭に異なるもの (図6；種石部は濃灰色で反射率は11.5%，モルタル部は明灰色で反射率は54.8%) を試料として、測定を10回繰り返し、平均値の収束状況を観察した。その結果、測定を5回以上繰り返せば平均値が収束することを確認した (図7)。この結果から、反射率計の被測定領域の小ささを考慮しても、5箇所程度で測定を行えば実用上問題ないと考えられる。

この結果を踏まえ、反射率計を用いてブロックを測定

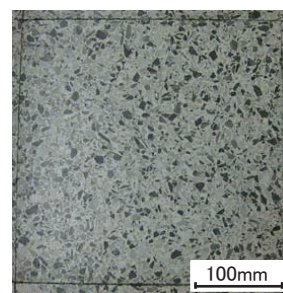


図6 試料としたテラゾタイル

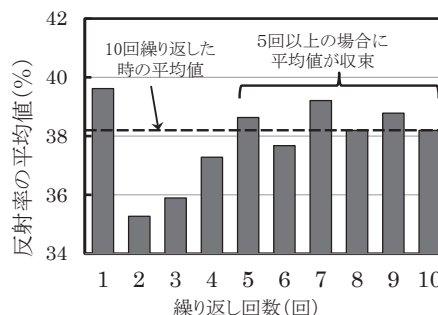


図7 測定の繰り返し回数と測定平均値の変動

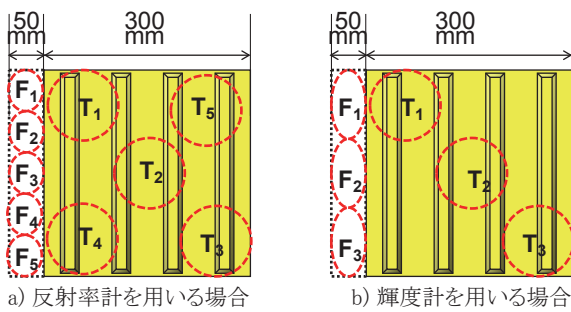


図8 被測定領域の選定

する際には、図8aにT₁～T₅として示した領域から各1点ずつ測定することとした。周囲面については、5cm程度の幅の側帯があることを考慮して、ブロックに隣接する床材のF₁～F₅として示した領域から各1点ずつ測定することとした。

3.4.2 輝度計の場合

輝度計の設置高と被測定領域の大きさの関係については3.2.1項で述べたが、輝度計を仮に0.8mという低めの高さに設定したとしても被測定領域には長径28mm、短径20mmの大きさがあり、反射率計の場合に比べてかなり大きい。このことを考慮して、輝度計を用いて輝度比を測定する際の被測定領域の数は3箇所とし、図8bにT₁～T₃およびF₁～F₃として示した領域から各1点ずつ測定することとした。

3.5 外乱がある場合の対処

駅における測定では、日射、環境光の正反射、測定面の凹凸など、輝度比の測定において外乱となり得る事象が想定される。そうした事象への対処方法を表2に示した。

被測定面の照度が一様でない場合や、被測定面に環境光が正反射して光っている場合、輝度計による測定は影

表2 輝度測定における外乱とその対処方法

| 外乱の内容 | 対処方法 | |
|--------|---|---|
| | 輝度計の場合 | 反射率計の場合 |
| 日射 | <ul style="list-style-type: none"> 被測定面の全体に日が差ししている場合はそのまま測定して問題ない 被測定面の一部に陰が出来ている場合は、傘などを用いて被測定箇所の照度を一樣にして測定する | (対処の必要なし) |
| 光源の正反射 | <ul style="list-style-type: none"> 測定器の位置または被測定領域の位置をずらして、正反射を避ける 傘などで光源を遮断して測定する | (対処の必要なし) |
| 凹凸 | (対処の必要なし) | (凹凸が大きい場合は使用できない) |
| 水濡れ | (対処の必要なし) | <ul style="list-style-type: none"> 水分をよく拭き取る 測定器に専用の防水アクセサリーを使用する |
| 金属 | (使用できない) | (使用できない) |

響を受ける。こうした場合は、傘などを用いて被測定面の照度を一樣にしたり、輝度計の設置位置や被測定箇所の設定位置をずらして正反射を避けるなどの対処をすればよい。なお、被測定面に直射日光が当たっていても、照度が一樣であれば測定に問題はない。一方、反射率計は環境光の影響を受けないため、こうした場合でも測定可能である。

被測定面に凹凸が大きい場合、反射率計は測定不能である。一方、輝度計は被測定面に凹凸があっても測定可能である。ただし、凹凸によって陰影が出来ている場合は、陰影が出来ないようにするか、もしくは陰影を避けて被測定領域を設定する必要がある。

測定面が濡れている場合、輝度計による測定は問題はない。一方、反射率計の場合は測定器内部に水分が侵入しないように、被測定面の水分をよく拭き取るか、あるいは測定器に専用の防水アクセサリー（透明ガラスによる遮蔽アタッチメント）を用れば測定可能である。ただし、いずれの測定器を用いる場合も、水分によって被測定面の表面色に変化することに留意する必要がある。

被測定面が金属を含む場合（エスカレータのモーター蓋、側溝の蓋、鋸タイプのブロックなど）は反射率計・輝度計とも測定不能である。

3.6 評価指標

冒頭で述べたように、輝度コントラストの評価指標は複数存在する。道路・建築分野のバリアフリー整備ガイドライン⁴⁾⁵⁾が示した数値基準は輝度比に基づいていることを考慮して、本研究では輝度比を評価指標に採用した。ちなみにブロックのISO規格⁶⁾はマイケルソン

表3 評価指標の算出式

輝度比C:

$$C = \frac{T}{F}$$

マイケルソンコントラストM:

$$M = \frac{T-F}{T+F} \times 100$$

但し、TおよびFはそれぞれ、ブロックおよび周囲面で測定した輝度もしくは反射率を示す。

表4 評価指標の換算式

マイケルソンコントラストから輝度比への換算

$$C = \frac{100+M}{100-M}$$

輝度比からマイケルソンコントラストへの換算

$$M = \frac{C-1}{C+1} \times 100$$

但し、Cは輝度比、Mはマイケルソンコントラストを示す。

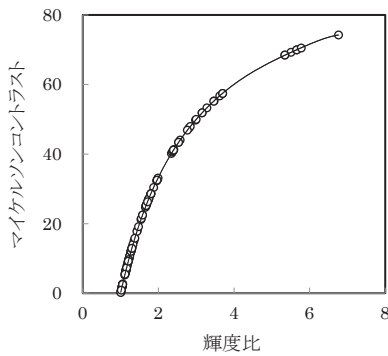


図9 輝度比とマイケルソンコントラストの関係

コントラストと呼ばれる指標を採用しており、付録で他の評価指標との換算方法を示している（輝度比は記載されていない）。ブロックで測定した反射率もしくは輝度を T 、周囲面で測定した反射率もしくは輝度を F とする時、輝度比とマイケルソンコントラストは表3に示す算出式により得られる。

輝度比とマイケルソンコントラストは表4に示す換算式を用いて簡単に換算できる。なお、実測調査で得たデータから算出した輝度比とマイケルソンコントラストの対応関係を図9に示す。

4. おわりに

ブロックの視認性を左右する、ブロックと床面の輝度比の測定方法を、駅の環境条件を踏まえて整理し、その妥当性を駅で実測調査を行って検証した。その結果に基づき、駅における輝度比の測定方法を提案し、「駅における視覚障害者誘導用ブロックと床面の輝度比測定マニュアル」を作成した。

駅などの床面には色の異なる床材をモザイク状に配置したり、色柄のある床材を使用する例も散見される。そうした場所においても本稿で示した方法は適用可能であるが、視覚障害者の見え方との関連については今後検討が必要である。

なお、本研究では輝度比を測定する標準的な測定器として、輝度計や反射率計を用いる方法を検討した。近年では画像から輝度分布を解析して輝度比を定量化する方法も開発されている¹⁸⁾。今後、必要に応じて、そうした技術も視野に入れて行きたい。

謝辞

本研究の実施に際しては、ISO/TC 173/WG 8 (Tactile walking surface indicators) および JIS T 9251 改訂原案作成委員会準備検討会における議論を参考にした。なかでも独立行政法人製品評価技術基盤機構の三谷誠二博士

が2012年11月14日にJIS T 9251 改訂原案作成委員会準備検討会に提出された「視覚的コントラスト規格(案)」は貴重な情報として参考にさせて頂いた。同博士からは有益な助言を多く頂いた。また、実測調査に際しては、一般財団法人日本色彩研究所の小林信治理事と那須野信行氏にご協力とご指導を頂いた。感謝する次第である。

文献

- 1) 国土交通省総合政策局：平成24年度弱視者の安全性・利便性に関する調査研究報告書，2013
- 2) 松田雄二，西出和彦：全盲とロービジョンの大学生の移動様態に関する研究—大学キャンパスにおける事例研究，日本建築学会計画系論文集，No.614，pp.105-112，2007
- 3) 高原光恵，末田統，藤澤正一郎，塩田洋，美馬彩，湊裕史，三谷誠二，吉田敏昭：視覚障害者誘導用ブロック等の利用状況調査，鳴門教育大学研究紀要，Vol.23，pp.167-172，2008
- 4) 国土技術研究センター：増補改訂版 道路の移動等円滑化整備ガイドライン，2011
- 5) 国土交通省：高齢者，障害者等の円滑な移動等に配慮した建築設計標準，2012
- 6) ISO 23599: Assistive products for blind and vision-impaired persons—Tactile walking surface indicators, 2012.
- 7) 国土交通省総合政策局安心生活政策課：公共交通機関の旅客施設に関する移動等円滑化整備ガイドライン，2013
- 8) 大野央人，水上直樹，田内雅規：視覚障害者誘導用ブロックと国際標準化，日本信頼性学会誌，Vol.36，No.2，pp.98-105，2014
- 9) JIS Z 9111: 道路照明基準，1988
- 10) JIS C 7614: 照明の場における輝度測定方法，1993
- 11) JIS Z 8722: 色の測定方法—反射および透過物体色，2009
- 12) NF P98-351: Footways—Integration of disabled people—Caution warning—Characteristics, testing and rules for ground installation of pedotactile caution warning devices for blind or partially sighted persons, 2010.
- 13) AS/NZS 1428.4.1: Design for access and mobility—Part 4.1: Means to assist the orientation of people with vision impairment—Tactile ground surface indicators, 2009.
- 14) BS 8493: Light reflectance value (LRV) of a surface—Method of test, 2010.
- 15) 高井智代，石田秀輝：視覚障害者誘導用ブロックの視認性—公共空間における視覚障害者の歩行安全性に関する研究—その1，日本建築学会計画系論文集，No.520，pp.153-158，1999
- 16) 岩崎聖司，坂口陸男，秋山哲男：視覚障害者誘導用舗装の現況に関する調査例，舗装，Vol.29，No.4，pp.29-34，1994
- 17) 小林信治：視覚障害者向け誘導ブロックの輝度比の測定方法について，COLOR，No.152，p.6，2009
- 18) 中村芳樹：光環境における輝度の対比の定量的検討法，照明学会誌，Vol.84，No.8A，pp.522-528，2000