

視覚障害者誘導用ブロックを用いた M-CubITS 歩行者 WYSIWYAS ナビゲーションシステムにおける位置特定について

藤原 高之[†] 間邊 哲也[†] 長谷川 孝明[†]

[†] 埼玉大学 大学院理工学研究科 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255

E-mail: † {takayuki,manabe,takaaki}@hslab.ees.saitama-u.ac.jp,

あらまし 本稿では、視覚障害者誘導用ブロックを用いた M-CubITS 歩行者 WYSIWYAS ナビゲーションシステムにおける位置特定に関する種々の改良について述べている。まず、画像処理において、膨張収縮処理の導入を行った上で、屋外で撮影された誘導ブロック型マーカの画像を用いて性能評価を行っている。次に、縮小集合型マーカへの冗長付加を行い、屋外の警告ブロックに配置し、その性能評価を行っている。最後に、特定色抽出処理において、k-means 法を用いたクラスタリングの導入を行い、屋外で撮影された誘導ブロック型マーカ、屋内・屋外で撮影された冗長を付加した縮小集合型マーカの画像を用いて性能評価を行っている。評価の結果、撮影環境に合わせた特定色抽出時のパラメータ調整を行うことなく、異なる撮影環境下で本手法が利用可能であること示している。

キーワード 歩行者ナビゲーションシステム, WYSIWYAS, M-CubITS, 位置特定

On Positioning of M-CubITS Pedestrian WYSIWYAS Navigation Systems Using Textured Paving Blocks

Takayuki FUJIWARA[†] Tetsuya MANABE[†] and Takaaki HASEGAWA[†]

[†] Graduate School of Science and Engineering, Saitama University

255 Shimo-Okubo, Sakura-ku, Saitama-shi, 338-8570 Japan

E-mail: † {takayuki,manabe,takaaki}@hslab.ees.saitama-u.ac.jp,

Abstract This paper describes the positioning performance improvement of the M-CubITS pedestrian WYSIWYAS navigation system using textured paving blocks. First, in image processing, we introduce dilation and erosion, and then evaluate the performance of the guidance blocks shot at outdoor. Second, we evaluate the positioning performance of the warning blocks attaching redundant bits. Last, we introduce the k-means classification on color extraction, and the evaluate the guidance blocks shot at outdoor, the warning blocks shot at indoor/outdoor. As a result, we show possibility of the proposed method in various photographic environments without parameter tuning of the color extraction.

Keyword , Pedestrian navigation systems, WYSIWYAS, M-CubITS, Positioning

1. まえがき

誰もが快適に移動できるモビリティ環境の実現が望まれている。そのような環境の実現方法として、モバイル機器を用いた歩行者ナビゲーションシステムがあげられる。モバイル機器を用いた歩行者ナビゲーションシステムにおいて、ユーザの位置特定は重要な要素である。文献[1]では、GPS(Global Positioning System)を用いており、現在広く普及している様々なモバイル機器に搭載されている。しかし、屋内や高層ビル地域の屋外では、電波の遮へいや反射により性能が劣化する。文献[2]では、RFID(Radio Frequency IDentification)を用いており、タグを配置することにより、屋内・屋

外問わず利用が可能である。また、視覚障害者誘導用ブロック(点字ブロック)内にタグを内蔵し、専用の通信機器を備えた白杖を用いることで、視覚障がい者の利用も可能である。文献[3]では、既に置かれている無線 LAN の AP (Access Point) を利用することにより、無線 LAN が搭載されているモバイル機器での利用が可能である。一方、文献[4]では、M 系列の 0/1 のビット列をマーカとして配置し、それらのマーカの並びをカメラ付きモバイル機器で撮影することで、ユーザの位置と方向を特定する M-CubITS(M-sequence Multimodal Markers for ITS; M-Cubed for ITS)が提案されており、利用するマーカの一つとして視覚障害者誘

導用ブロックを用いたシステムが提案されている[5]~[7]. 文献[7]では, メールサーバ処理型 M-CubITS 歩行者 WYSIWYAS ナビゲーションシステムが提案されており, 文献[5]で提案されている端末処理型 M-CubITS 歩行者 WYSIWYAS ナビゲーションシステムに音声案内機能を付加することで, 視覚障がい者が案内情報を取得できることが示されている. また, 文献[9]では, 視覚障がい者が利用するモバイル機器の多くは NTT ドコモのらくらくホンシリーズであり, 音声読み上げ機能を搭載していることから, 日常的にメールを利用していると述べられている. よって, 視覚障がい者の利用を考慮すると, メールサーバ処理型 M-CubITS 歩行者 WYSIWYAS ナビゲーションシステムが合理的であると考えられる[8]. しかし, 晴眼者による移動実験の結果から, 位置特定性能に関する改善が必要とされており, 様々な撮影環境下でよりロバストに利用できる手法が期待されている.

そこで, 本稿では, 視覚障害者誘導用ブロックを用いた M-CubITS 歩行者 WYSIWYAS ナビゲーションシステムにおける位置特定性能改善のための, 種々の改良について述べる. まず, 画像処理における膨張収縮処理の導入を行い, 屋外で撮影された誘導ブロック型マーカを用いて性能評価を行う. 次に, 縮小集合型マーカへの冗長付加を行った上, 屋外の警告ブロックに配置し, その性能評価を行う. 最後に, k-means 法を用いたクラスタリングの導入を行い, 屋外で撮影された誘導ブロック型マーカ, 屋内・屋外で撮影された冗長を付加した縮小集合型マーカの画像を用いた性能評価を行う.

2. M-CubITS 歩行者 WYSIWYAS ナビゲーションシステム [4]

2.1. WYSIWYAS [4]

WYSIWYAS(What You See Is What You Are Suggested)とは, 理解や解釈を必要としない直感的で分かりやすい案内を行う HMI(Human Machine Interface)の基本設計概念である. コンシェルジュが道案内をする場合, 「目的地はこちらです」と導いてくれるような, 直感的で分かりやすい案内をシステムにより実現することを目指している. 例えば, ユーザが撮影した目の前の風景画像上に, 進むべき推奨方向を矢符で指し示すことや, 文章で提示することにより, 理解や解釈を必要とせず, 直感的で分かりやすい案内を行う.

2.2. M-CubITS [4]

M-CubITS(M-sequence Multimodal Markers for ITS; M-Cubed for ITS)とは, 0/1 の情報を持ったマルチモーダルなマーカを M 系列上に配置し, それらをカメラで撮

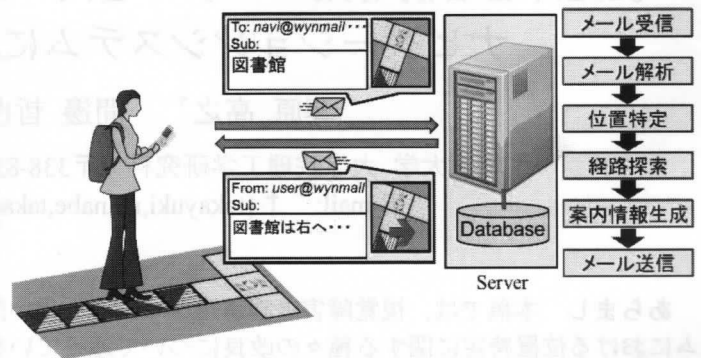


図 1 メールサーバ処理型 M-CubITS 歩行者 WYSIWYAS ナビゲーションシステム

影した画像からマーカの並びを検出し, データベースと比較することによりユーザの位置と方向を特定するポジショニングシステムである.

2.3. 視覚障害者誘導用ブロックを用いた M-CubITS 歩行者 WYSIWYAS ナビゲーションシステム [5]~[7]

2.3.1. メールサーバ処理型 M-CubITS 歩行者 WYSIWYAS ナビゲーションシステム [7]

メールサーバ処理型 M-CubITS 歩行者 WYSIWYAS ナビゲーションシステムによる案内情報取得までの流れを図 1 に示す. M 系列上に配置されたマーカ付視覚障害者誘導用ブロックを, ユーザが持つカメラ付きモバイル機器を用いて撮影する. 撮影した画像をメールに添付し, 目的地をメール本文に入力し, サーバへ送信する. サーバでは受信されたメールに添付されている撮影画像から, ユーザの位置と方向を, 画像処理とデータベースとの比較により特定し, メール本文に入力されている目的地と合わせて案内情報の生成を行いユーザへ返信する. メールを用いて案内を行うため, メール送受信機能を持つカメラ付きモバイル機器であればどのような機種でも利用が可能である.

2.3.2. 視覚障害者誘導用ブロックを用いた M-CubITS [5]~[7]

視覚障害者誘導用ブロックには, 移動の方向を示す「誘導ブロック」と注意喚起を促す「警告ブロック」がある. 警告ブロックは歩道と道路の境界や分岐点に配置されており, その他の部分には誘導ブロックが配置されている. 誘導ブロックには, 色と形状により M 系列のビット情報 (図 2) を割り当てた誘導ブロック型マーカ (図 3) を用いる. 警告ブロックには, 付近の誘導ブロック型マーカ 8 枚を縮小し, 2.3.3 で述べる

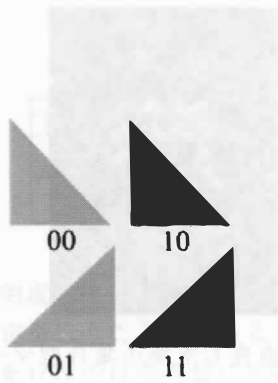


図2 M系列のビット情報の割り当て

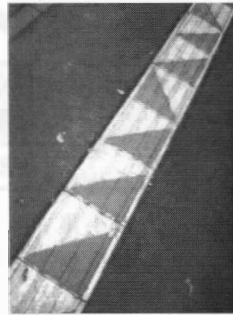


図3 誘導ブロック型マーカ

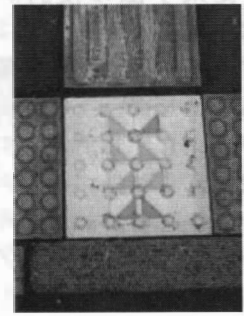


図4 縮小集合型マーカ

画像処理におけるM系列の部分系列取得の際、読み取り処理の順番に変更が生じないように、互換性を持たせて集合させて配置させた縮小集合型マーカ(図4)を用いる。これにより警告ブロック1枚の撮影で誘導ブロック8枚分の撮影を代替する。撮影された画像に画像処理を行うことにより、M系列の部分系列を取得し、最尤推定を行い、データベースとの比較を行うことで位置と方向を特定する。位置特定に必要なマーカの数、シフトレジスタから生成されるM系列の符号長に依存する。文献[7]のシステムでは、10段のシフトレジスタから生成される符号長1023のM系列を用いており、部分系列10ビットの取得(マーカ5枚分の撮影に相当)により、配置した300mの範囲の中から一意に撮影位置と方向を特定している。なお、M系列の生成に用いるシフトレジスタの段数は、位置特定を行うエリアに合わせて変更可能である[6]。

以上より、日本国内約30万人の視覚障がい者のための社会インフラであった視覚障害者誘導用ブロックを、全国民のための社会インフラとして利用できる可能性がある。これにより、視覚障害者誘導用ブロックの更なる普及につながり、また、ユニバーサルデザインの具体例となることも期待できる。

2.3.3.従来の画像処理方法

2.3.2で述べた視覚障害者誘導用ブロックを用いたM-CubITSから位置と方向を特定する画像処理について述べる。撮影画像を受信したサーバでは、添付画像に対し、図5の画像処理を行う。初めに、ユーザが撮影した画像に対し、プリューウィットフィルタを適用し、エッジ検出を行う。検出されたエッジからハフ変換によりエッジの傾きを検出する。またエッジ検出と同時に、ユーザが撮影した画像に対し、特定色抽出を行う。撮影画像の各画素のRGB空間の輝度値を、

Hue(色相), Saturation(彩度), Intensity(明度)で構成されるHSL空間(HSI空間双6角垂モデル)へと

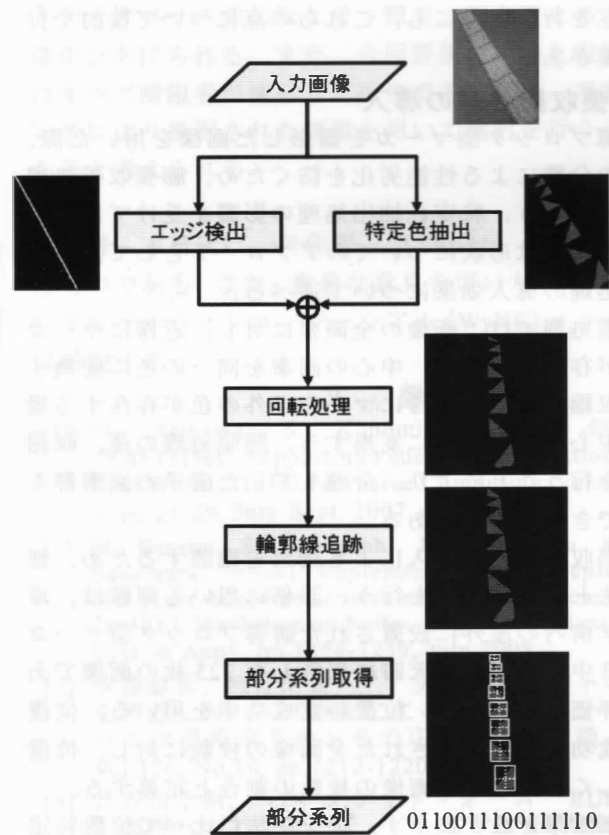


図5 従来の画像処理方法

写像する。各パラメータの範囲にしきい値を定めることにより、各画素の色相、彩度、明度が範囲内である画素のみ青のマーカまたは緑のマーカとして抽出する。

次に、検出したエッジの傾きを用いて、特定色抽出を行った画像に対して回転処理を行う。回転処理後の画像に対し、輝度ヒストグラムを作成し、ヒストグラムの分布から輪郭線追跡を行う捜査位置を決定する。そして、輪郭線追跡により、マーカの位置を検出し、2.3.2で述べた色と形状に基づいてビット情報を取り出し、M系列の部分系列を取得する。

2.3.4. 従来手法の検討が不十分な点

従来の画像処理手法では、晴天時の屋外において、誘導ブロック型マーカを撮影した際に、マーカの素子が分離してしまい、輪郭線追跡処理が正しく行われず性能が劣化してしまう。また、分岐点や道路との境界に設置される警告ブロックにおいて、より確実な位置特定を行う必要があると考えられる。そこで、縮小集合型マーカに対し、誘導ブロック型マーカとの互換性を保持したまま冗長付加を行うことにより、誤り訂正能力の向上が期待できる。さらに、特定色抽出において、青・緑の素子を識別するためにしきい値（色相、彩度、明度）を、撮影環境に合わせて設定する必要がある。以上より、様々な撮影環境でよりロバストに位置特定を行うためにも、これらの点について検討を行う必要がある。

3. 膨張収縮処理の導入

誘導ブロック型マーカを撮影した画像を用いた際、素子の分離による性能劣化を防ぐため、膨張収縮処理の導入を行う。特定色抽出処理の影響を受けてはいるが、ここでは形状についてのアプローチとして、膨張収縮処理の導入効果について述べる。

膨張処理では、画像の全画素に対し、近傍にマーカの色が存在する場合、中心の画素を同一の色に変換する。収縮処理は、近傍にマーカ以外の色が存在する場合、中心の画素を黒に変換する。膨張処理の後、収縮処理を行うことにより、分離していた素子の画素群を結合できる可能性がある。

膨張収縮処理の導入による効果を確認するため、従来手法との比較評価を行う。評価に用いる画像は、埼玉大学構内の屋外に設置された誘導ブロック型マーカを、日中の晴天・曇天時に撮影した325枚の画像である。評価指標として、位置特定成功率を用いる。位置特定成功率は、撮影された全画像の枚数に対し、位置を正しく特定できた画像の枚数の割合と定義する。

評価結果を表1に示す。従来手法に比べて位置特定成功率が14%向上していることがわかる。これにより、膨張収縮処理導入の有効性を示した。

4. 縮小集合型マーカへの冗長付加

文献[7]で提案されている縮小集合型マーカは、近傍の誘導ブロック型マーカ8枚を縮小し、M系列の部分系列取得の際、読み取り処理の順番に変更が生じないように互換性を持たせて集合させた16Bitの情報を持つマーカである。ここで、冗長の付加により、更なる性能向上が見込まれることから、マーカの改良を行い、その効果について述べる。改良したマーカを図6に示す。近傍の誘導ブロック型マーカ16枚を縮小し、集合させることにより、32Bitの情報を持たせる。

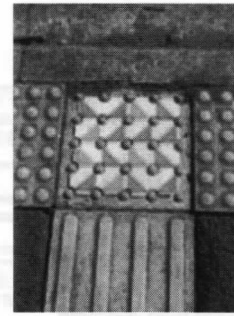


図6 改良した縮小集合型マーカ

表1 膨張収縮処理導入時の誘導ブロック型マーカによる位置特定成功率

従来手法	膨張収縮処理導入後
68%	82%

表2 改良した縮小集合型マーカによる位置特定成功率と誤位置特定率

	従来の縮小集合型マーカ	改良した縮小集合型マーカ
位置特定成功率	79%	81%
誤位置特定率	12%	4%

改良したマーカの効果を確認するため、従来の縮小集合型マーカとの比較評価を行う。評価に用いる指標は3.で用いた位置特定成功率に加え、誤位置特定率を用いる。誤位置特定率は撮影された全画像枚数に対し、位置を誤って特定した画像の枚数の割合と定義する。システムが誤って位置を特定した場合、ユーザに対して誤った案内情報を提示することに繋がる。そこで位置特定成功率と合わせて評価指標に用いる。撮影画像は、日中の晴天・曇天時に撮影した、埼玉大学屋外に配置した従来の縮小集合型マーカの画像（340枚）と改良した縮小集合型マーカの画像（276枚）を用いる。

評価結果を表2に示す。従来手法に比べて、位置特定成功率が2%向上し、誤位置特定率が8%低減した。これは撮影されたマーカから得られる部分系列が増えたことにより、誤り訂正能力が向上したためである。以上より、冗長を付加した縮小集合型マーカの効果を確認している。

5. k-means法を用いたクラスタリングの導入

従来の画像処理では、特定色抽出のためのしきい値として、色相、彩度、明度のパラメータを、撮影環境に合わせて設定する必要がある。撮影環境によって、ホワイトバランスの崩れが発生しやすくなることや、照明環境が変わることにより、素子の青または緑の色

表3 異なる撮影環境下での位置特定成功率

誘導ブロック型マーカ (屋外)	改良した縮小集合型マーカ (屋外)	改良した縮小集合型マーカ (屋内)
80%	78%	89%

相, 彩度, 明度が大きく変わる. 今後, 様々な撮影環境で位置特定を行うことを考えると, その都度パラメータの調整を行うのは合理性に欠けると考えられる. そこで, 青・緑の素子をそれぞれ区別することなく抽出した後, k-means法を用いたクラスタリング(クラス数:2)を行い, 分類された各クラスの色相の平均値を用いて, 以下の方法で色の区別を行う.

- ・2クラスとも 165° 以下の場合: どちらも緑
- ・2クラスとも 195° 以上の場合: どちらも青
- ・それ以外: 高いクラスを青, 低いクラスを緑

本節までに述べたすべての手法を導入し, 屋外撮影環境下および屋内環境下で利用した際の性能評価を行う. 評価指標は 3. で用いた位置特定成功率を用いる. 撮影画像は, 屋外環境下で撮影した画像として, 3. で用いた誘導ブロック型マーカの画像(325枚)と 4. で用いた改良した縮小集合型マーカの画像(276枚)を用いる. また, 屋内環境下で撮影した画像として, 東京ビッグサイト西展示場内の西 1~3 ホールに配置した, 改良した縮小集合型マーカの画像(175枚)を用いる.

評価結果を表3に示す. 撮影環境に合わせたパラメータ調整を行うことなく, 屋外環境下で撮影した誘導ブロック型マーカ, 改良した縮小集合型マーカの画像を用いた場合, 位置特定成功率がそれぞれ 80%, 79%, 屋内環境下で撮影した, 改良した縮小集合型マーカの画像を用いた場合の位置特定成功率が 89% になることを確認した. 以上より, 本手法が異なる撮影環境下でも有効に利用できる可能性を示した.

6. まとめ

本稿では, 視覚障害者誘導用ブロックを用いた M-CubITS 歩行者 WYSIWYAS ナビゲーションシステムにおける位置特定に関する種々の改良を行った上, それらの性能評価を行った. 誘導ブロック型マーカの画像処理における膨張収縮処理の導入, 縮小集合型マーカへの冗長付加, 特定色抽出処理における k-means 法を用いたクラスタリングの導入により, 撮影環境に合わせた特定色抽出時のパラメータ調整を行うことなく, 屋外環境下で撮影された誘導ブロック型マーカ, 改良した縮小集合型マーカ, 屋内環境下で撮影された, 改良した縮小集合型マーカを用いた場合のそれぞれの位置特定成功率が, 80%, 78%, 89% となることを確認した.

以上より, 本手法が異なる撮影環境下でも有効に利用できる可能性を示した.

今後の課題として, 画像処理の更なる改良があげられる. マーカの形状が三角形であることを拘束条件に用いて, パターン認識処理を導入することにより, 更なる性能向上が期待できる. また, 得られた部分系列とデータベースの比較を行う際の, 誤り訂正処理の高度化があげられる. また, 今回評価に用いた撮影画像はすべて晴眼者が撮影した画像であるため, 視覚障がい者により撮影された画像を用いて検討を行う必要があると考えられる.

謝辞 本研究は, 科研費(23500111)の助成を受けたものである. また, 貴重な意見を頂いた WYSIWYAS ナビゲーションコンソーシアム(WyNC)メンバ各位に深謝する.

文 献

- [1] M. Arikawa, S. Konomi, and K. Ohnishi, "NAVITIME: Supporting Pedestrian Navigation in the Real World," IEEE Pervasive Computing, vol.6, issue 3, pp.21-29, July-Sept. 2007.
- [2] M. Bessho, S. Kobayashi, N. Koshizuka, and K. Sakamura, "uNavi: Implementation and deployment of a place-based pedestrian navigation system," Proc. 1st IEEE Workshop on Softw. Eng. For Context Aware Syst. & Appl., pp.1254-1259, July 2008.
- [3] 伊藤誠吾, 河口信夫, "アクセスポイントの選択を考慮したベイズ推定による無線 LAN ハイブリット位置推定手法とその応用," 電学論(C), Vol.126, No.10, pp.1212-1220, 2006.
- [4] 長谷川孝明, "ITS プラットフォーム "EUPITS" ~実現へのアプローチ~, " 信学技報, ITS2003-8, pp.41-47, May 2003.
- [5] 山下清司, 長谷川孝明, "視覚障害者誘導用ブロックを用いた M-CubITS 歩行者ナビゲーションシステムについて," 信学論(A), vol.J88-A, no.2, pp.269-276, Feb. 2005.
- [6] T. Manabe, S. Yamashita, T. Hasegawa, "On the M-CubITS Pedestrian Navigation System," Proc. 9th IEEE Conference on ITS (ITSC'06), Toronto, Canada, pp.793-798, Sept. 2006.
- [7] 芹澤崇, 間邊哲也, 長谷川孝明, 宮谷隆, "音声案内・サーバ処理型 M-CubITS 歩行者 WYSIWYAS ナビゲーションシステムの提案," 信学技報, ITS2007-90, pp.71-76, March 2008.
- [8] 間邊哲也, 長谷川孝明, "歩行者ナビゲーションコンセプトリファレンスモデルに基づく M-CubITS 歩行者 WYSIWYAS ナビゲーションシステムの三者比較," 信学論(A), vol.J96-A, no.9, pp.661-675, Sep. 2013.

[9] 渡辺哲也, 南谷和範, 宮城愛美, 長岡英司, “視覚障害者の携帯電話利用状況調査,” 信学技報, WIT2007-54, pp.125-130, Dec 2007

視覚障害者に対する携帯電話の活用状況 (内職)	視覚障害者に対する携帯電話の活用状況 (外職)	視覚障害者に対する携帯電話の活用状況 (内職)
2007	2007	2007

視覚障害者の携帯電話利用状況調査の結果、視覚障害者の携帯電話利用状況は、視覚障害者の生活に大きな影響を与えていることがわかった。視覚障害者の携帯電話利用状況は、視覚障害者の生活に大きな影響を与えていることがわかった。視覚障害者の携帯電話利用状況は、視覚障害者の生活に大きな影響を与えていることがわかった。

視覚障害者の携帯電話利用状況調査の結果、視覚障害者の携帯電話利用状況は、視覚障害者の生活に大きな影響を与えていることがわかった。視覚障害者の携帯電話利用状況は、視覚障害者の生活に大きな影響を与えていることがわかった。

参考文献

[1] M. Anderson & K. R. ...
 [2] M. Anderson & K. R. ...
 [3] M. Anderson & K. R. ...
 [4] M. Anderson & K. R. ...
 [5] M. Anderson & K. R. ...
 [6] M. Anderson & K. R. ...
 [7] M. Anderson & K. R. ...
 [8] M. Anderson & K. R. ...
 [9] M. Anderson & K. R. ...

視覚障害者の携帯電話利用状況調査の結果、視覚障害者の携帯電話利用状況は、視覚障害者の生活に大きな影響を与えていることがわかった。視覚障害者の携帯電話利用状況は、視覚障害者の生活に大きな影響を与えていることがわかった。視覚障害者の携帯電話利用状況は、視覚障害者の生活に大きな影響を与えていることがわかった。

おわりに

視覚障害者の携帯電話利用状況調査の結果、視覚障害者の携帯電話利用状況は、視覚障害者の生活に大きな影響を与えていることがわかった。視覚障害者の携帯電話利用状況は、視覚障害者の生活に大きな影響を与えていることがわかった。視覚障害者の携帯電話利用状況は、視覚障害者の生活に大きな影響を与えていることがわかった。