

看板密集地域における情報識別支援手法の改良

北村 茂生^{1,a)} 松下 光範^{1,b)}

概要: 本研究の目的は、看板や標識などが過剰に存在する都市空間における、視覚情報の識別性の向上、及び探索時間の短縮である。看板や標識は、必要な情報と不要な情報とを識別する手がかりとなる視覚情報である。しかし、繁華街などの地域においては視覚情報が密集しているため、特定の看板を見つけることは容易ではない。そこで本研究では、この問題を解決するために、不要な情報を減算した上に必要な情報を付加するアプローチを採る。これにより、看板密集地域において特定の看板を見つけることを支援するシステムのプロトタイプを実装した。また、提案する情報提示手法の効果について従来の手法との比較検討を行い、探索対象が複数であり、周囲の彩度が低い場合において提案手法の優位性を示した。

Improvement of information identification support method in areas where signboards are dense

SHIGEO KITAMURA^{1,a)} MITSUNORI MATSUSHITA^{1,b)}

Abstract: The goal of our study is to improve the discrimination of visual information and to shorten the search time in areas where signboards are dense. Signboards are visual information that serves as a clue to identify whether the information is necessary or not for people. However, it is not easy for people to find a particular signboard in areas such as downtown area because visual informations are dense there. In order to solve this problem, we adopted an approach to subtract unnecessary informations and then added necessary informations. With this approach, we implemented a system prototype that will help people find specific signboards in areas where signboards are dense. In addition, we compared the effect of the method we proposed with the conventional method. The result showed that the superiority of the method we proposed in case where there are multiple signboards to be searched and the surrounding saturation is low.

1. はじめに

現在、都市には多種多様な視覚情報が溢れている。人々はこのような情報が密集している都市空間から、提示されている情報を手がかりに意思決定を行っている。都市空間において店舗を探す際、飲食店や衣料店などといった店舗の種類を判別するための手がかりの1つに、看板が挙げられる。例えば、人々が飲食店を探す場合、飲食店の看板や案内はユーザにとって必要な情報であり、それ以外の衣料店などの情報は不要な情報である。このように、多くの人々は看板を手がかりに街中で情報探索を行っている。

看板はその店で享受できるサービスの種類を知る上で重

要な役割を果たしているが、図1（新宿・歌舞伎町にて撮影）のように看板が密集している地域においては、このような情報を速やかに得ることは容易ではない。そのため、目的とする情報の探索に少なからず時間を要してしまう。特に、初めて訪れる場所など、慣れていない地域でユーザが看板などの視覚情報を探す場合、特定の情報を素早く見つけることは困難である。

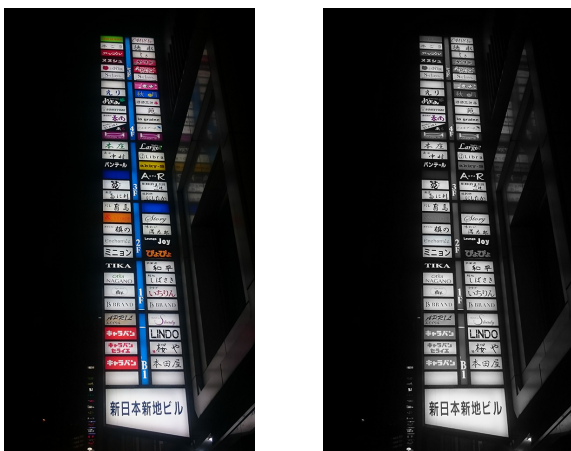
Google Map^{*1}などの地理情報システムには、住所から地図上の位置を特定する機能があるが、ユーザが実際に見ている看板や標識などの現実世界上における正確な位置まで提示できない。また、探索する看板が未知であるものや、目立たないものである場合、大量に存在する他の視覚情報に紛れて、見つけることができない可能性がある。そのため、実世界において、ユーザにとって必要な情報のみを提

¹ 関西大学大学院総合情報学研究所
Graduate School of Informatic, Kansai University
a) k403662@kansai-u.ac.jp
b) mat@res.kutc.kansai-u.ac.jp

^{*1} <https://www.google.co.jp/maps/> (2017/4/27 確認)



図 1 密集する看板情報



(a) 加工前 (b) 加工後

図 2 彩度が低い看板 (新日本新地ビル)

示する技術が求められる。

そこで本研究は、看板や標識などが過剰に存在する都市空間における、視覚情報の識別性の向上、及び探索時間の短縮を目的とする。藤田らは、情報が密集している状況において視覚情報の識別性を向上させるために、隠消現実感を用いて、不必要な情報をグレースケール化して目立たなくさせる情報提示手法を提案した [1]。本稿ではこの提示手法を減算型情報提示手法と定義する。不要な情報を減算する際、図 2 (新日本新地ビル*2) のように対象となる看板の色が白黒であり、かつその周辺の景色の彩度が低い場合がある。このような場合、看板の視覚情報が減算された周囲の視覚情報と混同し、減算の効果が減少するという問題が生じる。

本研究では、藤田らが提案した減算型情報提示手法を加算型で拡張し、加算型と減算型のハイブリッド型情報提示手法を提案する。その後、提案する情報提示手法の効果について、従来の手法との比較検討を行う。

*2 大阪府大阪市北区曾根新地 1-7-8

2. 関連研究

2.1 拡張現実感

拡張現実感 (Augmented Reality; AR) とは、ユーザが見ている現実のシーンに仮想物体を重畳することで、ユーザがいる場所に応じた情報を直感的に提示する技術の総称である [3]。近年、AR を用いたナビゲーションシステムや付加情報提示システムが多数提案されている [7]。AR は主に、ロケーションベース AR とビジョンベース AR に分類できる [4]。本研究はビジョンベース AR を用いる。

ビジョンベース AR とは、システムがカメラを通して見る画像自体を認識し、画像内にある物体を特定することで現実世界に情報を付与する AR である。吉野らは、道に迷いやすい人の特徴を考慮したナビゲーションシステム “DoCoKa” の開発を行っている [9]。これは QR コードマークを目印として、スマートフォンの画面上に AR を用いてユーザの進むべき方向の矢印を表示する。これにより、迷いやすい人でも直感的に屋内の目的地に到着できるシステムである。また、Umair らは、ウェアラブルデバイスである Google Glass*3 を用いて、Wi-Fi や Bluetooth と地磁気センサにより屋内での現在位置を検出し、曲がるべき方向の矢印を提示するナビゲーションシステムを考案している [8]。しかし、これらのビジョンベース AR のみを用いたシステムは、屋内など特定の場所ではしか利用できない。

2.2 隠消現実感

現実世界に仮想物体を重畳する AR に対して、実物体を視覚的に消し去る技術として、隠消現実感 (Diminished Reality; DR) の研究が行われている。DR とは、複数台のカメラやシーン中の変化を利用して、現実世界から実物体を隠蔽、消去、透視する技術の総称である [6]。河合らは、DR を用いて現実環境中にある物体を除去することにより、屋内外環境の景観シミュレーションを行っている [5]。

藤田らは、AR を用いて情報を重畳することで必要な情報を目立たせる手法を「加算型の情報提示」、DR のアプローチを取り入れることで不要な情報を目立たなくさせる手法を「減算型の情報提示」と位置付け、減算型情報提示手法を提案した [1]。減算型情報提示手法において適切な情報削除の方法を検証するために、藤田らは以下に示す 3 種類の手法を用いて画像から不要な情報を減算し、情報探索の所要時間を計測する実験を行った。

- 白黒：不要な情報の彩度をなくしたもの
- ぼかし：不要な情報の輪郭情報をなくしたもの
- 白黒とぼかし：不要な情報の彩度と輪郭情報をなくしたもの

実験は、ユーザが街の中で減算型情報提示手法を用いた

*3 <https://www.google.com/glass/start/> (2017/1/18 確認)

システムを使うことを想定し、上記の手法で情報を減算した画像を携帯端末に表示して行われた。実験開始前に探索する看板の店舗名のみを実験参加者に教示し、その看板を見つけるよう指示を出した。実験開始から教示した看板を発見するまでの時間を計測した。実験の結果、探索時間は削減方法の差による影響を受けないことが示唆された。また、アンケートで最も良かった減算手法について質問したところ、白黒が過半数を超えた。そこで本研究では、情報の削減手法に白黒を用いて実験を行う。藤田らの実験では実験は看板の多い環境において減算型情報提示手法の優位性を確認するために、既存の情報にARを用いて情報を加算する従来の手法と、DRのアプローチを用いて不要な情報を減算する提案手法との比較を行い、それぞれの探索時間を比較した実験である。加算型情報提示手法を適用する画像は、画像の中にある探索対象の看板に緑色の吹き出しを追加し、その中に店舗名を表示した。一方、減算型情報提示手法を適用する画像には、探索対象の看板以外の情報を白黒にした。実験から得られた探索時間の結果を比較したところ、減算型情報提示手法に優位性は見られなかった。このため、加算型情報提示手法と減算型情報提示手法には差がないことが示唆された。

2.3 視線誘導に関する研究

情報提示手法に関する研究として、視線誘導の研究が行われている。畑らは、画像の中に高解像度領域と低解像度領域を作ることにより、ユーザに対して誘導されていることに気づかれないように視線を特定の領域に誘導させる手法を提案している [2]。これにより、情報を効率よく伝えられることが期待できる。

2.4 本研究の位置付け

本研究は、GPSにより位置情報を取得し、看板認識に画像処理を利用するため、ロケーションベースARとビジョンベースAR双方を利用した研究に位置付けられる。また、本研究で提案する情報提示手法は加算型情報提示手法と減算型情報提示手法双方の利点を利用したハイブリッド型の情報提示手法に位置付けられる。

上述した実験の結果から、藤田らの提案手法である減算型情報提示手法が有効であるかは明らかにならなかった。また、減算型情報提示手法には、1章で述べたように、探索対象の看板が白と黒で構成されている場合、対象物以外を白黒にしても、全体が白黒となるため情報は減算されないという問題点がある。そのため、この場合には情報の識別性は加工前と差がないと考えられる。そこで、本研究の提案手法を用いることにより、上記の問題を解決でき、環境に依存することなく分かりやすい情報提示が可能になると考えられる。

3. デザイン指針

3.1 街中での情報探索行為

本研究で想定する状況は、都市部や繁華街などの看板密集地域において、その地域に慣れていないユーザがカメラを搭載した携帯端末を片手に持ち、看板情報を探索する状況である。目的地付近にユーザがいる場合、このような状況下では、その目的地を表す看板はユーザの視野に入っているものの、周辺の過剰な視覚情報に埋没して、素早く見つけることが困難になる懸念が生じる。この問題を解決し、素早く目的の情報にアクセスするには、以下の要件を満たす必要がある。

- (1) ユーザが求める看板が直感的に探索できる操作方法であること
- (2) 看板の探索時間を短縮するため、ユーザがカメラを通して見た看板と端末の画面上に表示される付加情報とのシームレスな連携が可能であること
- (3) 看板が密集している場合においてもユーザが必要とする看板情報を迷わずに探索できること
- (4) 周囲の色彩情報などの環境条件に左右されず、ユーザに迷わせることなく情報の提示ができること

3.2 提案システムの前提条件

本稿で提案するシステムは、モバイルデバイス上で実行することを想定している。システムを実現するにあたり、3.1節の(1)と(2)を満たすために、

- ユーザが店舗名や店舗の種類をクエリとして検索するために、システムを利用する地域における店舗の種類、名称及びその看板画像の組がデータベースとして用意されていること
- リアルタイムで看板認識を行うために、動画の撮影が可能であり、モバイルデバイスはリアルタイムで画像処理が行えるスペックを有していること
- サーバ上にあるデータベースにアクセスするために、Long Term Evolution (LTE) や Wi-Fi などの方法でインターネットにアクセスできること
- 歩きながら端末を操作することは危険であり、ユーザは立ち止まって片方の手でモバイルデバイスを持ち、もう片方の手でシステム操作を行うことが望ましいため、片手で操作できるサイズの端末であること

の4点を前提条件として想定する。

3.3 提案インタフェースのデザイン

3.1節で述べた要件を満たすシステムを実現するために、本稿では3.1の(3)と(4)に重きを置き、文献[1]で提案された減算型情報提示手法に、ARを用いて文字情報を付加したハイブリッド型情報提示手法を提案する。文字色は

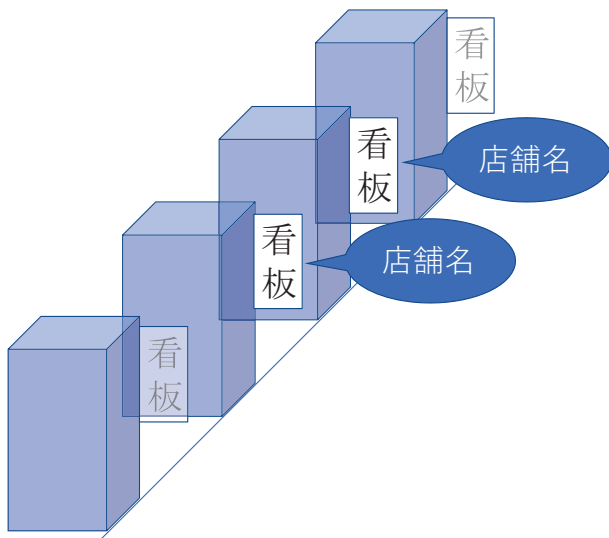


図 3 提案手法で実現する出力のイメージ

背景の色に合わせて変化させる。これにより、ユーザが求める情報のみが分かりやすく提示されるため、上記の問題の解決が期待される。提案システムでは、ユーザが目的の店舗名や店舗の種類をクエリとして入力する。ユーザが入力したクエリに一致する視覚情報はユーザにとって必要な情報であり、それ以外の視覚情報は不要な情報である。そのため、情報の識別性向上を目的として、図3に示すような出力をユーザに提示する。これは、不要な視覚情報をグレースケール化することによって減算し、必要な視覚情報には店舗名などの文字情報を看板の横に重畳して表示したものである。これにより、ユーザは不要な視覚情報を完全に失うことなく、必要な視覚情報のみを得られることが期待される。

4. 実装

4.1 提案システムの構成

提案システムにおいて、ユーザが取る行動とシステムが行う処理を以下に示す。

- (1) システムは端末の GPS 機能により、位置情報を取得する
- (2) システムはデータベースに位置情報を送信する
- (3) システムはデータベースから周辺の店舗の種類と名前を取得する
- (4) ユーザは目的の店舗を選択する
- (5) ユーザが選択した店舗名を、システムはデータベースに送信する
- (6) システムはユーザが選択した店舗の看板をデータベースより取得する
- (7) ユーザがカメラを通して街から画像情報を取得する
- (8) システムは得られた画像情報から看板領域を抽出し、検出された看板領域とデータベースより取得した看板画像とのマッチングを行う

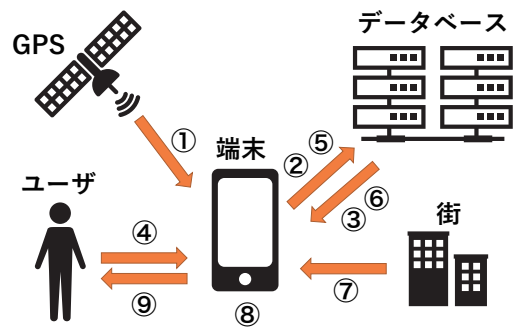


図 4 システム構成

(9) システムは検出された看板以外の情報を減算し、ユーザの求める看板に店舗の情報を重畳して表示する。これらの動作を図で表したものを図4に示す。

4.2 プロトタイプシステム

本節では、5章で述べる実験に用いるプロトタイプシステムについて述べる。実験用のプロトタイプは、モバイルデバイス上で実行できるよう Unity (ver 5.6.0f3) を用いて C# 言語で実装した。実環境に近づけるために、RECOH THETA^{*4} を用いて新日本新地ビル付近で撮影した昼と夜の全天球画像を用意し、モバイルデバイスを通して見回せるようにした。全天球画像では看板が鮮明に撮影できないため、看板は別に撮影した画像をオブジェクトとして設置した。

実験に用いる看板情報は、図2-(a)に示す大阪府北新地の新日本新地ビルに掲示されている61枚の看板を用いた。店舗の種類は北新地総合情報サイト^{*5}を参考に、「スナック・ラウンジ」、「バー」、「和食」、「居酒屋」、「クラブ」、「寿司」、「中華料理」、「ドレスショップ」の8種類に分類した。サイトに記載がなかった店舗は、「その他」として分類した。データベースはSQLite^{*6} (ver 3.8.10.2) を用いて、画像内の看板の位置、店舗の名前、店舗の種類、看板画像をそれぞれ格納した。

プロトタイプでは、ユーザはモバイルデバイスを全天球画像内で全方向に向けることができる。画面中央に照準を表示し、システムは照準のローカル座標と看板のワールド座標を対応させることにより、特定の看板が選択されたことを認識できる。情報提示手法に関しては、

- 加工なし (以下、通常型と記す)
- 看板の横に店舗名を表示 (図5-(a), 以下、加算型と記す)
- 特定の看板以外の情報をグレースケール化 (図5-(b), 以下、減算型と記す)
- 特定の看板以外の情報をグレースケール化し、看板の

^{*4} <https://theta360.com/> (2017/4/27 確認)

^{*5} <http://kgnet.jp/> (2017/4/27 確認)

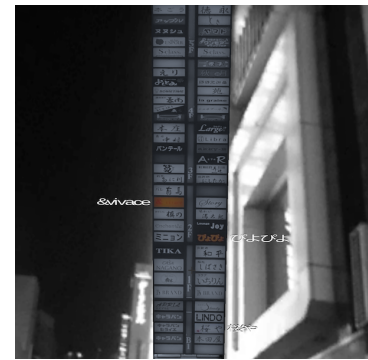
^{*6} <https://www.sqlite.org/> (2017/4/27 確認)



(a) 加算型



(b) 減算型



(c) ハイブリッド型

図 5 プロトタイプの実出力画面

表 1 実験の条件

番号	提示手法	対象
1	通常型	単体
2	加算型	単体
3	減算型	単体
4	ハイブリッド型	単体
5	通常型	複数
6	加算型	複数
7	減算型	複数
8	ハイブリッド型	複数

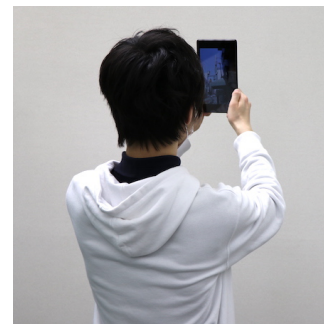


図 6 実験風景

横に店舗名を表示 (図 5 - (c), 以下, ハイブリッド型と記す)

の 4 種類を切り替えられるようにし, 探索対象の看板は, 店舗の種類別に切り替えられるようにした. また, ユーザがスタートボタンをタップしてから特定の看板を見つけるまでの所要時間を計測できる機能を用意した. ユーザが特定の看板に照準を 1 秒間合わせると, 看板を見つたと判定するよう実装した.

5. 実験

看板密集地域において特定の看板を探索する際, 加算型の情報提示手法と減算型の情報提示手法を用いたそれぞれの探索時間は, 2.2 節で述べたように差がないことが示唆されている. また, 減算型情報提示手法には, 看板や背景の彩度が低い場合に情報の識別性が加工前との変化が小さくなるという問題点がある.

そこで本実験では, 看板が密集している地域において, 加算型情報提示手法と減算型情報提示手法を組み合わせた本稿の提案手法であるハイブリッド型情報提示手法を用いる. この提示手法による探索時間を従来の加算型情報提示手法, 減算型情報提示手法と比較することにより, 探索時間に関して提案手法の優位性を確認する.

5.1 実験の概要

実験参加者は情報系の学部に通う大学生 12 名である.

本実験で比較する提示手法は, 4.2 節で述べた通常型, 加算型, 減算型, ハイブリッド型の 4 種類である. 実験は 4.2 節で述べたプロトタイプを ASUS 社^{*7} の Nexus 7 (2013, Android 6.0.1) にインストールして行った.

実験参加者図は図 5.1 に示すように立った状態で端末を持ち, 端末を全方向に向けることで全天球画像を見直し, 提示された看板を探索する. ユーザが看板を記憶することを防止するために, 必ず看板に背を向けた状態で実験を始めるよう指示を出した. 実験の条件は, 表 1 に示す 8 通りとした. ここで探索対象の看板数に関して, 単体である場合と複数である場合の 2 通りに区別した. これは探索対象の看板が複数である場合, 不要な情報を減算する方が情報を加算することに比べてより容易に情報を探索でき, 探索時間が短くなると仮説を立てたためである.

5.2 実験の手順

初めに, 端末の画面が図 7 - (a) の状態で実験参加者に端末を渡す. 画面には探索対象の看板画像が表示されている. ユーザが開始ボタンをタップすると, 図 7 - (b) に示す探索画面に遷移する. 次に, ユーザが振り返ると, 図 7 - (c) に示す新日本新地ビルの看板があり, ユーザはそこから探索対象の看板を探す. ユーザが探索対象の看板に 1 秒間照準を合わせると, 図 7 - (d) に示す終了画面に遷移する. 探索対象が複数である場合は, 全ての看板を見つけ

^{*7} <https://www.asus.com/> (2017/4/27 確認)

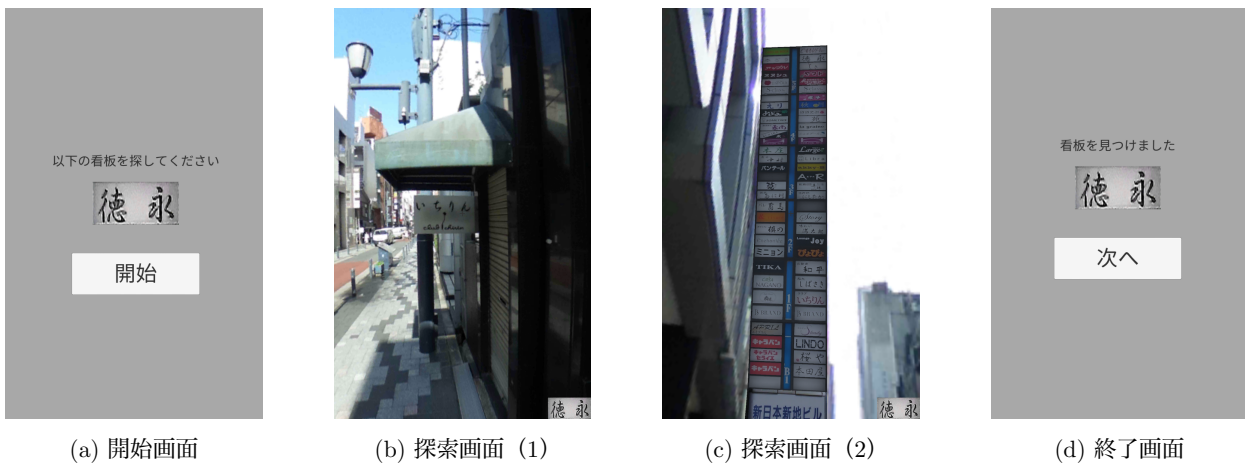


図 7 実験の手順

た後に遷移する。

実験では、全ての実験参加者に表 1 の条件で探索してもらった。探索対象が単体である条件 (表 1, 1~4), 探索対象が複数である条件 (表 1, 5~8) の順に、昼間の画像と夜の画像でそれぞれ探索してもらった。

5.3 実験の結果

実験参加者が開始ボタンをタップしてから、指示された看板を全てを見つけるまでの所要時間を計測し、通常型、加算型、減算型各々の探索時間とハイブリッド型の探索時間の平均値を比較した。その結果を以下に述べる。

5.3.1 時間帯が昼、探索対象が単体の場合

時間帯が昼、探索対象が単体の場合の探索時間を図 8 - (a) に示す。ハイブリッド型を用いた探索時間は、(1) 通常型より有意に短い ($t(22) = 5.729, p < .05$) こと、(2) 加算型より有意に短い ($t(22) = 2.852, p < .05$) ことが確認されたが、(3) 減算型との間に有意差は見られなかった ($t(22) = 1.478, n.s.$)。

5.3.2 時間帯が昼、探索対象が複数の場合

時間帯が昼、探索対象が複数の場合の探索時間を図 8 - (b) に示す。ハイブリッド型を用いた探索時間は、(1) 通常型より有意に短い ($t(22) = 5.702, p < .05$) こと、(2) 加算型より有意に短い ($t(22) = 6.144, p < .05$) こと、(3) 減算型より有意に短い ($t(22) = 3.318, p < .05$) ことがそれぞれ確認された。

5.3.3 時間帯が夜、探索対象が単体の場合

時間帯が夜、探索対象が単体の場合の探索時間を図 9 - (a) に示す。ハイブリッド型を用いた探索時間は、(1) 通常型より有意に短い ($t(22) = 4.325, p < .05$) こと、(2) 加算型より有意に短い ($t(22) = 2.103, p < .05$) こと、(3) 減算型より有意に短い ($t(22) = 2.485, p < .05$) ことがそれぞれ確認された。

5.3.4 時間帯が夜、探索対象が複数の場合

時間帯が夜、探索対象が複数の場合の探索時間を図 9 -

(b) に示す。ハイブリッド型を用いた探索時間は、(1) 通常型より有意に短い ($t(22) = 5.512, p < .05$) こと、(2) 加算型との間に有意差はない ($t(22) = 1.857, n.s.$) こと、(3) 減算型より有意に短い ($t(22) = 3.129, p < .05$) ことがそれぞれ確認された。

5.3.5 アンケート結果

実験終了後に、最も対象の看板を見つけやすかった提示手法についてアンケートを実施したところ、実験参加者の過半数が提案手法であるハイブリッド型情報提示手法を選択した。

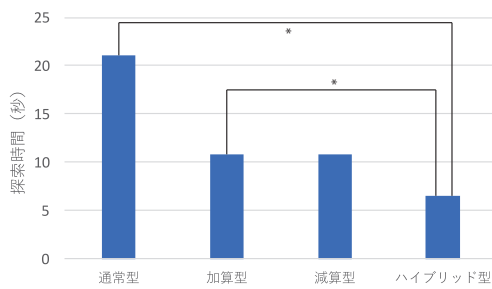
6. 考察

6.1 実験結果に関して

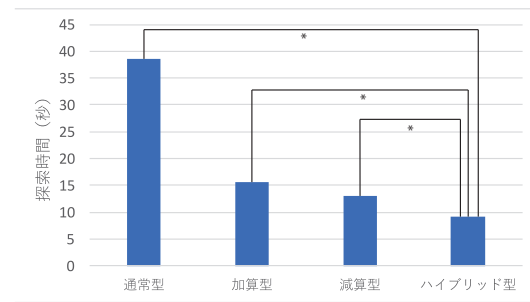
5章で述べた実験では、探索対象が単体であり、時間帯が昼の場合、提案手法であるハイブリッド型情報提示手法は文献 [1] で提案された減算型情報提示手法と探索時間に関して有意差は見られなかった。しかし、探索対象が複数の場合及び時間帯が夜で探索対象が単体の場合においては、提案手法は減算型情報提示手法よりも探索時間が有意に短いことが確認された。このことから、背景の彩度が低い場合や複数の看板を探索する場合において、提案手法は有効であると考えられる。また、時間帯が夜で探索対象が複数である場合、加算型情報提示手法と比較して減算型情報提示手法の方が探索時間が長くなる傾向が見られた。これは実験に用いた写真の背景の彩度が低かったこと、新日本新地ビルの看板に白と黒から構成されているものが多く含まれていたことにより、減算の効果が減少したことが原因と考えられる。

6.2 提案インタフェースで達成されたこと

本稿では、文献 [1] で提案された減算型情報提示手法に文字情報を追加した加算型と減算型のハイブリッド型情報提示手法を提案した。提案手法を用いたシステムのプロトタイプを実装することにより、減算型情報提示手法の問題

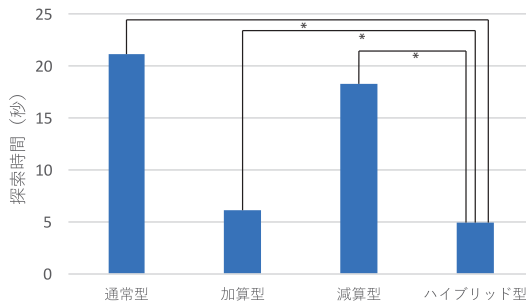


(a) 対象：単体

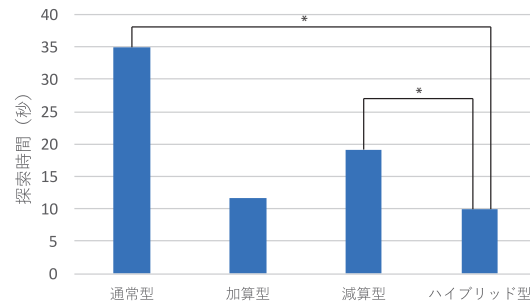


(b) 対象：複数

図 8 実験結果：昼 (*: $p < .05$)



(a) 対象：単体



(b) 対象：複数

図 9 実験結果：夜 (*: $p < .05$)

点であった。不要な情報を減算する際に対象となる看板が白黒であり、かつその周辺の景色の彩度が低い場合に減算の効果が減少するという点が解消されたと考えられる。これにより、彩度が低い環境においても分かりやすい情報提示が可能となった。また、実験結果から看板を探索する際、提案手法を用いることによって探索時間が短くなることが確認された。以上により、1章で述べた看板密集地域における視覚情報の識別性の向上、及び探索時間の短縮が可能になった。

7. おわりに

本稿では、看板密集地域における情報識別の支援を目的として、藤田らが提案した研究である減算型情報提示手法を改良した。その上で、提案手法の優位性を検証するためにモバイルデバイス上で実行可能なプロトタイプを実装した。実装したプロトタイプにより、従来の手法と提案手法を用いて特定の看板を探索し、所要時間を計測する比較実験を行った。その結果、背景の彩度が低い場合や複数の看板を探索する場合において、提案手法は有効であることを示した。

本研究の目指すところは周囲の環境に依存せずに、ユーザが混乱することなく必要な情報を得る支援をすることである。今後の展望としては、本稿で提案した情報提示手法を用いて実環境で利用可能なプロトタイプを実装し、実環境で実験を行う。そのために、特定の商店街において看板データベースを構築し、看板をARマーカとして登録することで、街中での看板認識を実現する。そして、実環境で

使える情報識別支援システムの実現を目指す。

参考文献

- [1] 藤田一秀, 山本真也, 篠木 良, 松下光範: 情報密集地域における情報識別性の向上を目指した提示手法の検討, 情報処理学会研究報告. HCI, Vol. 2013, No. 3, pp. 1-6 (2013).
- [2] Hata, H., Koike, H. and Sato, Y.: Visual Guidance with Unnoticed Blur Effect, *Proceedings of the International Working Conferences on Advanced Visual Interfaces, AVI '16*, No. 8, pp. 28-35 (2016).
- [3] 神原誠之: 基礎1: 拡張現実感 (Augmented Reality: AR) 概論, 情報処理, Vol. 51, No. 4, pp. 367-372 (2010).
- [4] 亀田能成: ARのためのセンシング, 情報処理, Vol. 51, No. 4, pp. 419-424 (2010).
- [5] Kawai, N., Sato, T. and Yokoya, N.: Diminished Reality Based on Image Inpainting Considering Background Geometry, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 22, No. 3, pp. 1236-1247 (2016).
- [6] 森 尚平, 一刈良介, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行: 隠消現実感の技術的枠組と諸問題: 現実世界に実在する物体を視覚的に隠蔽・消去・透視する技術について, 日本バーチャリアリティ学会論文誌, Vol. 16, No. 2, pp. 239-250 (2011).
- [7] Narzt, W., Pomberger, G., Ferscha, A., Kolb, D., Müller, R., Wieghardt, J., Hörtnner, H. and Lindinger, C.: Augmented reality navigation systems, *Universal Access in the Information Society*, Vol. 4, No. 3, pp. 177-187 (2006).
- [8] Umair, R. and Shi, C.: Augmented Reality-Based Indoor Navigation Using Google Glass as a Wearable Head-Mounted Display, *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, pp. 1452-1457 (2015).
- [9] 吉野 孝, 奥村賢悟: 迷いやすい人の特徴を考慮した屋内ナビゲーションシステム DoCoKa の開発と評価, 情報処理学会研究報告. SPT, Vol. 2013, No. 18, pp. 1-8 (2013).