

# SyncBlink: 同期刺激によるナビゲーション方式の提案と評価

志摩 駿介    綾塚 祐二    寺田 努    塚本 昌彦\*

**概要.** 近年, スマートフォンのアプリケーションや HMD (Head Mounted Display) などを用いた様々なナビゲーションシステムが開発, 使用されている. ユーザを誘導する情報を提示するシステムにおいて課題となるのは, 提示情報と現実世界とのマッチングである. 例えば, 画面上の地図に進むべきルートや曲がるべき交差点が明示されていても, それらが目の前のどの道, どの交差点に対応するかわからなければユーザは迷うことになる. そこで本研究では, パーソナルデバイスと環境側が連携し, 同期した刺激をユーザに提示することでナビゲーションを行う方式 SyncBlink を提案する. 環境側の各案内表示とユーザ側のデバイスが同期して刺激を発することにより, どの案内表示が目的のものであるかを容易に識別できる. また, 複数のユーザに同じ, または異なった案内を同時に提示することも容易であり, 人の多い環境でも利用できる. 本論文では, ユーザへの刺激として視覚, 聴覚, 触覚刺激を提示するプロトタイプデバイスをそれぞれ実装した. 評価結果から, 提案方式がナビゲーション手法として有効であることを確認した.

## 1 はじめに

近年, カーナビゲーションやスマートフォン上の歩行者向けナビゲーションなど, 様々な場面でナビゲーションシステムが使用されている. このような道案内を提示するシステムにおいて大きな問題となるのは, 案内情報とユーザの目の前の現実世界とのマッチングである. 例えば, 画面上の地図に進むべきルートや曲がるべき交差点が明示されていても, それらが目の前のどの道, どの交差点に対応するかに自信がもてなければユーザは迷うことになる. また, GPS を用いたユーザの現在位置の確認は, 実際の位置とずれた位置を示すことがあったり, 電波の届かない地下では利用できない.

一方, 現実世界に設置されている案内板などの環境側のナビゲーション設備は, 適切に設置されていれば対応関係のわかりやすい案内となりうる. しかし, この案内は一般的に様々な目的をもつ不特定多数の人々に対して複数の案内情報が近接して提示されるため, あるユーザのための案内がどれであるかを見つけ出すのが難しい. 一種類の案内しかない場合でも, それに気が付くのが困難な場合もある. これらは, 確実にユーザ自身のために提示されるパーソナルデバイス上での案内とは対照的である.

そこで本研究では, パーソナルデバイスと環境側が連携し, 同期した刺激をユーザに提示することにより, これらの欠点を解消したナビゲーション方式 SyncBlink を提案する. この方式はユーザに最低限の刺激を提示できればよく, またパーソナル

デバイス側は視覚的な刺激だけでなく聴覚や触覚の刺激も活用できるため, シンプルで応用範囲が広い.

以降, 2 章で関連研究について述べ, 3 章ではシステム設計について述べる. 4 章で評価実験を行い, 最後に 5 章で本論文をまとめる.

## 2 関連研究

環境側と同期したパーソナルデバイスを用いたナビゲーションシステムはこれまでも研究されている. 澤野らによる AR (Augmented Reality) を用いたカーナビゲーションシステム [1] では, 車載カメラからの映像を用いて道路端を抽出し, 3 次元 CG を生成して実写画像とマッチングさせている. 高田らによるウェアラブル AR システム [2] は, GPS とジャイロセンサによりユーザの位置と向きを認識し, ユーザが向いている方向にあるレストランの名前やメニューなどの情報を提示する. また, AR を用いたカーナビゲーションは実用化もされている (Pioneer サイバーナビ [3], MapFan eye[4] 等) が, 奥行き方向も含めた実景と提示情報のリアルタイムの表示位置合わせを高精度に行うのは (特に実景をそのまま見せる光学シースルー型の場合) 難しい. 仮に完璧な位置合わせと表示ができたとしても, 人間の奥行き方向の知覚の精度が限られるので, 必ずしもそれが見やすい, 判りやすい表示になるとは限らない. また, 視界上の広い範囲を占める情報を提示するのは安全性の面での懸念が生じる.

デバイスがユーザに刺激を与えることでユーザを案内する方式も研究されている. 塚田らによる Active Belt[5] は, 8 方向に振動モータをつけたベルトを用いて, 振動させる振動モータの位置で目的地の方向を提示し, 振動の強さで目的地との距離を提示する. この他, 水野らによる触覚ナビゲーション

Copyright is held by the author(s).

\* Shunsuke Shima and Masahiko Tsukamoto, 神戸大学大学院工学研究科, Yuji Ayatsuka, 株式会社電通国際情報サービス, Tsutomu Terada, 神戸大学大学院工学研究科/科学技術振興機構さがけ

ン装置 [6] では、両耳裏付近に装着した扁平型偏芯振動モータにより触覚にファントムセンセーションを生起し、位置情報の伝達を試みている。

環境側とパーソナルデバイスを連携させた研究では、松原らによる視覚障害者向け対話型情報提供システム [7] がある。このシステムでは点字ブロックに埋め込まれた位置情報を、ユーザが先端にアンテナのついた杖で読み込み、携帯端末装置に伝送することにより現在地を知ることができる。

### 3 SyncBlink

本章では、提案方式 SyncBlink の基本的なアイディアを説明してシステムの要求仕様を明確にした後、デバイスのプロトタイプを紹介する。

#### 3.1 基本アイディア

1 章で述べたように、環境側の案内情報は、ユーザが案内情報の存在を知覚している場合はどれが必要か必要な情報を判別できる必要がある。また、そもそも案内情報がどこにあるのかをユーザが知覚していない場合も案内情報の存在がユーザに自然に伝わればわかりやすい案内となる。したがって例えば案内板の必要な部分を光らせ、点滅させるなどの方法を用いて、ユーザが必要とする案内だけを目立たせればこれらの目的は達成される。一方、この方法では複数ユーザに対応できず、多くの人が様々なタイミングで利用する案内情報提示には向かない。そこで、「自分に向けての情報であること」を、確実にユーザに伝えるために、ユーザのパーソナルデバイスを活用する。

筆者らは以前「画面上に複数の写真がタイル上に表示されており、それらがランダムに更新される場合、偶然同じタイミングで更新された部分は関連があるように感じられる」という知見を得ている [8]。これを応用すると、パーソナルデバイス上で、そのユーザが必要とする案内板の点滅と同期した点滅を提示すれば、必要な情報をユーザに認識させられるといえる。また、点滅による視覚的な刺激だけでなく、同期して鳴る音や振動による触覚刺激も同じように利用できると考えられる。この、「環境側の案内の必要な部分の点滅と、パーソナルデバイス上での同期した刺激」によるナビゲーション方式を SyncBlink と呼ぶ。この方式は、図 1 のように環境側が 1 つで同時に複数のユーザに同じまたは異なる案内を行う (一対多) ことも、環境側が複数で複数のユーザに同じまたは異なる案内を同時に行う (多対多) ことも可能である。

#### 3.2 プロトタイプの実装

提案方式を用いて常時自然な案内を行うために、装着するデバイスは邪魔になりにくいものである必要がある。また、提案方式は環境側デバイスとユー

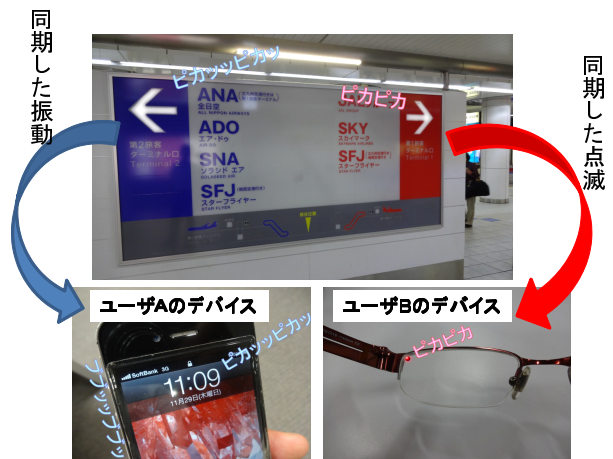


図 1. 案内板とデバイスの同期の例

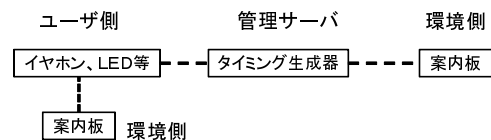


図 2. システム構成

ザデバイスが正確に同期する必要がある。これらの要件を考慮したシステム構成を図 2 に示す。この図のように、環境側が直接ユーザ側に同期信号を送る場合と、管理サーバが環境側とユーザ側両方に信号を送る場合が考えられる。また、図 3 に作成した、イヤホン、LED、振動モータをそれぞれ用いたデバイスのプロトタイプと、それらを装着した様子を示す。イヤホンを用いたデバイスでは環境側との同期のタイミングでビープ音が鳴る。LED を用いたデバイスは眼鏡をかけヘアバンドで頭に装着し、環境側との同期のタイミングで LED が点灯する。振動モータを用いたデバイスはリストバンドで手首に装着し、環境側との同期のタイミングで振動モータが振動する。イヤホンを用いたデバイスは arduino nano、LED と振動モータのデバイスは arduino fio で制御し、XBee で無線通信を行っている。環境側が点滅の開始時に、無線通信で点滅の間隔 (数値情報) を送信すると、デバイス側は受信した間隔の刺激を提示する。複数のデバイスに異なる情報を提示する場合は、提示したい表示の点滅開始時にそれぞれ点滅間隔を送信する。

### 4 評価実験

提案方式の有効性を評価した。まず、SyncBlink 方式を用いて提示情報の識別を行えるかを確認するため、PC 画面上での簡単な実験を行い、次に装着型デバイスを用いた場合の特性を評価する。最後に、実際に案内表示を環境内に設置し、ユーザを目的地



図 3. デバイスのプロトタイプ

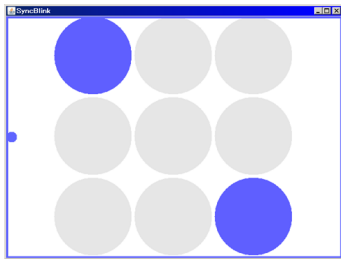


図 4. 実験用アプリケーション 1

に案内する実験を行う。

#### 4.1 PC のみを用いた評価

まず、装着型デバイスは用いずに、視覚刺激と聴覚刺激を個別に、もしくは複合的に用いた場合に提示情報を識別できるかを確認するための実験を行った。実験では異なる周期で点滅する複数の円を PC 画面上に表示し (図 4)、ターゲットとなる円の点滅と同期して「ウインドウの枠を点滅させる (視覚刺激)」「ビープ音を鳴らす (聴覚刺激)」のいずれか、もしくは両方がある状態で、ユーザはターゲットを特定しクリックする。ウインドウの枠を点滅させるのは、注視点以外への刺激を意図している。円はそれぞれが異なる 1~4 秒程度の一定の周期で点滅し、2 つ以上の円が同時に点滅することもある。ターゲットをクリックすると円の周囲が赤く、ターゲットで

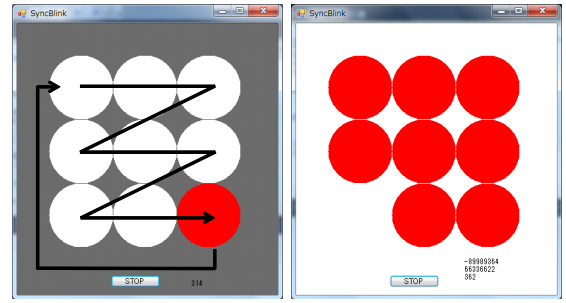


図 5. 実験用アプリケーション 2

ないものをクリックすると円の周囲がグレーになり、被験者は正否を認識できる。クリックすると、その正否に関わらず次のターゲットに進む。

このタスクを、a) 視覚的刺激のみ、b) 聴覚的刺激のみ、c) 視覚的刺激+聴覚的刺激の三種類を各 10 回 (これを 1 試行とする) ずつ行わせた。開始前には、c の条件で説明及び 10 回の練習を行った。被験者は 9 人 (男性 6 人、女性 3 人) で、a~c の順序はランダム (ただし、c は常に最初か最後) に行った。被験者には、速さよりも正確性を優先するように教示した。

表 1 が各被験者の各条件下での平均の回答時間、回答までの平均のターゲットの点滅回数、誤答の数である。被験者の番号は、誤答の少ない順にソートした。まず、全ての条件において誤答数が小さいことがわかる。被験者 9 は誤答が多いが、最大でも過半数には達していない。点滅数が 2 回以下になっている (すなわち、ターゲットを見定めたあとに再度点滅を待ち確認していない) 試行では誤答が多い。9 名中 4 名は全ての試行を誤答なしで終了し、8 名は誤答なしで終えた試行がある。回答までの時間はターゲットの点滅周期の長さ依存するので、点滅回数で比較すると、全ての被験者において視覚的刺激のみの場合がもっとも点滅回数が多い。

これらの結果から、聴覚的刺激を用いた場合には劣るものの、視覚的刺激のみを用いても同期するターゲットの検出が可能であり、提案方式が有効に使えることが推察される。また、誤答の多かった被験者 8, 9 は回答までの平均のターゲットの点滅回数が少ないことから、誤答は確認不足から起こることが示唆されるので、ユーザに対し確認を促すようなインターフェースの設計をした方がよいことがわかる。

#### 4.2 ユーザデバイスを用いた評価

前節における PC 上での評価結果をふまえ、3 章で述べた装着型デバイスを用いて評価実験を行った。前節の実験と同様に、点滅する複数の円を PC 画面上に表示する。規則的、またはランダムな順序で円を点滅させ、図 3 に示したデバイスのいずれかを装着して、ターゲットとなる円の提示のタイミングとデバイスの刺激提示の同期の識別を確認した。規則

表 1. PC のみを用いた評価の結果

|       | 視覚的刺激のみ |     |     | 聴覚的刺激のみ |     |     | 視覚的刺激 + 聴覚的刺激 |     |     |
|-------|---------|-----|-----|---------|-----|-----|---------------|-----|-----|
|       | 時間 (s)  | 点減数 | 誤答数 | 時間 (s)  | 点減数 | 誤答数 | 時間 (s)        | 点減数 | 誤答数 |
| 被験者 1 | 6.52    | 2.9 | 0   | 5.56    | 2.2 | 0   | 5.98          | 2.9 | 0   |
| 被験者 2 | 7.38    | 2.6 | 0   | 4.76    | 2.5 | 0   | 4.10          | 2.0 | 0   |
| 被験者 3 | 8.45    | 3.3 | 0   | 6.93    | 3.3 | 0   | 5.87          | 2.9 | 0   |
| 被験者 4 | 10.8    | 3.8 | 0   | 7.80    | 3.3 | 0   | 5.72          | 2.6 | 0   |
| 被験者 5 | 8.73    | 3.4 | 1   | 6.94    | 2.8 | 1   | 8.20          | 3.2 | 0   |
| 被験者 6 | 5.85    | 2.1 | 0   | 4.23    | 2.1 | 0   | 4.32          | 1.7 | 2   |
| 被験者 7 | 12.0    | 5.4 | 3   | 7.44    | 3.4 | 0   | 4.59          | 1.8 | 0   |
| 被験者 8 | 5.00    | 2.1 | 0   | 4.24    | 1.4 | 2   | 5.08          | 1.8 | 2   |
| 被験者 9 | 6.11    | 2.3 | 3   | 2.20    | 1.1 | 2   | 2.46          | 1.3 | 4   |

表 2. ユーザデバイスを用いた評価の結果

|     |      |    | イヤホン   |        |        | LED    |        |        | 振動     |        |
|-----|------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|     |      |    | 0.3(秒) | 0.2(秒) | 0.1(秒) | 0.3(秒) | 0.2(秒) | 0.1(秒) | 0.3(秒) | 0.2(秒) |
| 間隔無 | 規則的  |    | 0.75   | 0.75   | 0.50   | 0.75   | 0.75   | 0.50   | 1.00   | 1.00   |
|     | ランダム | 点灯 | 0.83   | 0.75   | 0.33   | 0.83   | 0.75   | 0.25   | 1.00   | 0.92   |
|     |      | 消灯 | 0.92   | 0.75   | 0.58   | 0.83   | 0.75   | 0.50   | 1.00   | 0.58   |
| 間隔有 | 規則的  |    | 0.92   | 0.83   | 0.67   | 1.00   | 0.83   | 0.67   | 1.00   | 1.00   |
|     | ランダム | 点灯 | 1.00   | 1.00   | 0.83   | 1.00   | 1.00   | 0.67   | 1.00   | 1.00   |
|     |      | 消灯 | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 0.92   | 1.00   | 1.00   |

的な順序で点減する表示では、図 5 左の矢印の順序で点減する。ランダムな順序で点減する場合のみ、図 5 右のように提示方法を点灯ではなく消灯にした場合の実験も行った。これは、規則的な順序で点減する場合は、次に点減する円がわかっているため点灯と消灯で認識に差がないと判断したためである。規則的、ランダム共に、点減と次の点減の間に点減時間と同じ長さの間隔がある場合とない場合（例えば点灯との同期なら、すべての円が消灯している時間がある場合とない場合）の 2 パターン行った。点灯時間は施行中一定で、0.3 秒、0.2 秒、0.1 秒とした。ただし、振動デバイスは 0.1 秒間隔では振動が起らなかったため 0.1 秒は省略した。点減順序が規則的な場合では、同期場所をランダムに決定した後 3 周期点減させる動作 3 回を 1 試行とした。点減の順序がランダムな場合では、同期場所の点減周期が長いとその場所が予測できてしまい、同期回数が多いほど予測できる可能性が増すので、規則的な場合より同期回数を 1 回減らし、2 回同期するまで点減を行う動作 3 回を 1 試行とした。このように、前節の実験と異なり正解が分かたらすぐに回答させるのではなく一定期間の点減の後回答させるようにした理由は、前節の実験結果から確認不足による誤回答が多く、また実際の環境でも複数回の点灯期間が存在することが一般的であると考えたためである。被験者は 4 人（男性 3 人、女性 1 人）で、図 5 左の矢印の順に左上の円から 1~9 の番号を割り当て、同期した円の番号を答えてもらった。また誤認識の傾向を調べるため、ランダムの場合は同期場所の点減の前後に点減した円の場所を記録した。

表 2 に実験の結果をまとめた。数値は被験者 4 人の平均正答率である。この結果から、0.3 秒と 0.2 秒の結果で比較すると、振動モータを用いたデバイスでの認識率が他の 2 つのデバイスでの認識率と比べやや高いが、各デバイス共にある程度高い正答率が出ているため、点減間隔を長くすれば確実な認識が可能だと推察できる。また、点減間隔が 0.1 秒の場合、振動以外のデバイスで点灯との同期よりも消灯との同期の方がわずかに認識率が高かった。このことから点灯との同期より消灯との同期の方が認識率が高いと推察できるが、点減間隔を長くすれば点灯、消灯ともに確実な認識が可能である。また各デバイス共に点減と点減の間に間隔がある場合の方が間隔がない場合に比べ認識率が高かった。

この他、ランダムな順序の場合の平均認識率は、規則的な順序の場合に比べやや高かった。このとき、規則的に点減させた場合の誤認識の 78.4% がターゲットの点減の前に点減した円との誤認識であった（ランダムの場合は 47.3%）。このことより、規則的な順序で点減させた場合、前後の点減と誤解した場合のリカバリが難しくなることが分かる。ランダムな場合は、前後の点減が毎回異なるため、そのミスが起りにくかったと考えられる。よって、点減の順序を規則的にする場合は、誤認識をなくすため点減の間隔を長くする必要がある。

#### 4.3 実際の案内による評価

環境側の表示と 3 つのプロトタイプを用いて、実際にユーザを案内できるかの実験を行った。前節の評価より、点灯との同期と消灯との同期では、消灯





図 6. 案内表示

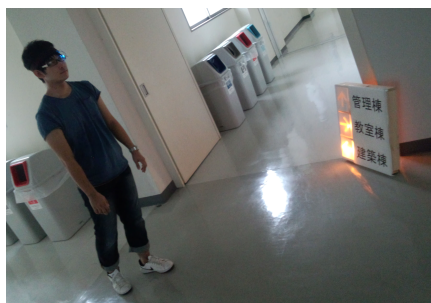


図 7. 案内実験の風景

との同期の方が認識率が高かったため、実験は消灯との同期で行った。また、ランダムな順序での点滅では、ユーザが表示を注視する必要があり、間隔の長い規則的な順序での点滅での認識は十分確実だと推察できるので、実験は規則的な順序での点滅で行った。点滅の間隔は、ユーザが容易に識別できかつ次の提示までの待ち時間が長いと感じないように、筆者の判断で 0.7 秒とした。実験は以下に示す 3 種類行ったが、環境側が 1 つの場合は図 6 左に示す案内板を用い、複数の場合は図 6 左の案内板と右の PC 画面上の表示とを併用した。また複数のユーザを同時に案内できるかを調べるため、各実験 2 人または 3 人 1 組で行い、同じまたは異なる案内を提示した。実験風景を図 7 に示す。この図では被験者は直進を提示されている。

### 円滑に案内できるかの評価

歩行中のユーザが立ち止ることなく円滑に案内された方向へ進めるかを調べるため、実験を行った。被験者に分岐を示す十字路から約 16 m 手前にスタートラインを設け、十字路の 1 m 手前の道端に直進または右左折を提示する案内板を設置し、歩行中の被験者が立ち止ることなく十字路を案内された方向に進めるかを調べた。被験者には始め進行方向とは反対を向いてもらい、システムを起動して最初の同期を感じてから、進行方向に進んでもらった。被験者は 12 人で各被験者それぞれ 3 つのデバイスで 1 回ずつ 3 回実験を行った。実験の結果、歩行速度には個人差があったものの、どのデバイスを用いても立ち止まった被験者はいなかった。

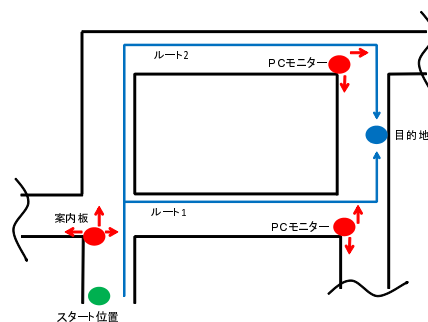


図 8. 目的地案内実験の簡易図

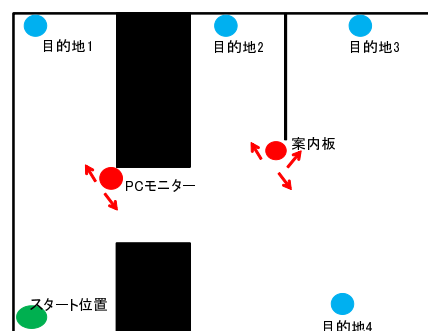


図 9. 複数表示実験の簡易図

### 目的地への案内の評価

実際にユーザを目的地へ案内できるかを調べるため、被験者に 2 つの分岐を進んでもらう実験を行った。図 8 のように環境側の表示は、案内板と PC モニターを用い、始めに案内板を用いて 3 方向の分岐を、次にモニターを用いて 2 方向の分岐を進んでもらった。スタート位置から目的地までには 2 通りのルートがあり、始めの分岐でどちらかのルートを提示し、2 つのルートそれぞれに次にある分岐にモニターを設置した。案内板と PC モニターの中間地点付近では、デバイスは両方からの信号を受け取り、意図した案内とは別の刺激を提示するが、案内板とモニターが同時に視界に入ることではなく、どちらかの表示がはっきり見える距離まで近づくともう一方からの提示は届かなかった。被験者は 10 人である。

実験の結果、すべての被験者を意図した場所へ案内できた。中間地点付近での両方からの刺激の提示について違和感を覚えた被験者もいたが、ほとんどの被験者は表示の見えていない地点での刺激なので気にならなかったと答えた。表示がはっきり見えるところでは片方からの刺激の提示しかないことから、間違った方向への案内は起こらなかった。また、この違和感を感じる問題は、次に示す実験の手法を用いることで解決できる。

### 複数の案内表示が同時に見える場合の評価

複数の案内表示が同時にユーザの視界に入るとき、ユーザを正しく案内できるかを調べるため、短

い間隔で2つの分岐点がある環境に案内板とPCモニターを設置して被験者を意図した場所に案内できるかの実験を行った。始めに右または左方向への分岐があり、左方向には新たな分岐はなく、右方向へ進んだ先にはさらに3方向への分岐を設けた(図9)。最初の2方向への分岐へ近づくと、次の3方向への分岐を示した案内版が見えるようにした。2つの案内表示が同時に見えても正しい案内を行えるようにするため、それぞれの案内板の要素数2と3の公倍数6を1周期とした点滅を行わせることで、すべての表示の組み合わせに対応する。例えば案内する場所が図9の目的地1の場合、ユーザ側のデバイスは始めの案内の左の表示で常に刺激を提示するが、目的地2, 3, 4の場合、始めの案内が右を表示し、次の案内がユーザの目的地を指す組合せの場合にのみ刺激を提示する。このようにすることで、刺激提示間隔は延びるが、ユーザが間違えた情報を受け取ることがなくなる。

この実験の結果、案内場所が図9の目的地2, 3, 4の場合には最初の分岐での情報提示に多少時間はかかったが全ての被験者意を意図した目的地に案内できた。一方、視界内の案内版数および各案内板における選択肢数が増加すればその組合せも膨大になるため、刺激提示の周期が実用的なレベルに保てなくなる可能性がある。そのような場合、ユーザに最も近い案内表示からの信号とのみデバイスを同期させ、かつ後方の案内表示からの信号を受け取らない機構や、同時に見える複数の案内表示は点滅の周期を早くするといった工夫が必要となる。

#### 4.4 考察

以上の実験より、提案方式は持ち運べるデバイスを用いて確実に円滑な案内ができることが確認できた。また、複数のユーザに同じまたは異なる案内が可能であることも確認できた。目的地への案内の評価において、被験者に同期のわかりやすかったデバイスについて聞いたところ、イヤホンを用いた音との同期が一番わかりやすいと答えた被験者が最も多く6人だった。またそのうち5人が、振動についても音と同じくらいわかりやすかったと答えた。光が一番わかりやすかったと答えた被験者は1人で、それ以外の被験者は光が一番わかりにくかったと答えた。これは、案内板の表示が視覚刺激なのに対し、同じ視覚刺激を用いていることから、案内板の表示とデバイスの光提示両方を意識するのが難しいからだと推察でき、ユーザ側パーソナルデバイスに視覚刺激は不向きだと考えられる。一方、この結果から音声案内等に対して視覚刺激によりユーザをナビゲートするといったシステムが有効になる可能性がある。

このように、提案方式を用いて歩行中のユーザを円滑に目的地に案内できることを確認できたため、

案内方式を用いると長時間装着型デバイスに注意を向けることなく提示を識別できる可能性が高い。したがって、パーソナルモビリティや自動車などの運転中の使用も可能だと考えられる。

## 5 まとめ

本研究では、パーソナルデバイスと環境側が連携し、同期した刺激をユーザに提示することでナビゲーションを行う SyncBlink を提案した。実験結果より、環境側の各案内表示を独立したタイミングで点滅させ、ユーザが必要とする案内に同期した刺激を端末から受け取ることにより、適切に案内が行えることを確認した。ユーザ端末側の刺激としては視覚や聴覚、触覚を活用でき、歩行中だけでなく、パーソナルモビリティの運転中等、さまざまな状況に対応することが可能だと考えられる。同じまたは別々の案内を複数のユーザに同時に行うことも容易であり、人の多い環境でも活用できる。

今後は、さまざまな形態での実装を進める。その上で実環境での実験を行い、有効性を検証する予定である。

## 参考文献

- [1] 澤野弘明, 岡田 稔: 拡張現実感技術を用いた次世代カーナビのための道路端抽出法の検討, 情報処理学会研究報告(グラフィクスとCAD研究会), Vol. 2004, No. 121, pp. 103-108 (Nov. 2004).
- [2] 高田大輔, 小川剛史, 清川 清, 竹村治雄: 身体動作に基づき提示情報を切り替えるコンテキストウェアなウェアラブル AR システム, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 12, No. 1, pp. 47-56 (Feb. 2010).
- [3] CyberNavi: <http://pioneer.jp/carrozzeria/cybernavi/>.
- [4] MapFan eye: <http://www.mapfan.com/iphone/ar>.
- [5] 塚田浩二, 安村通晃: Active Belt: 触覚情報を用いたベルト型ナビゲーション機構, 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 11, pp. 2649-2658 (Nov. 2003).
- [6] 水野統太, 内田雅文, 井出英人: 振動刺激によるナビゲーション情報の認知評価, 電子情報通信学会技術研究報告(MEとバイオサイバネティックス研究会), Vol. 106, No. 592, pp. 41-44 (Mar. 2007).
- [7] 松原 広, 深澤紀子, 後藤浩一: 視覚障害者向け対話型情報提供システムの開発, 情報処理学会研究報告. ITS, [高度交通システム], Vol. 2001, No. 83, pp 75-82 (Sep. 2001).
- [8] 綾塚祐二: 描き足していくことを強調した手書きコミュニケーションツール, 第12回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS 2004), pp. 9-12 (Dec. 2004).