

# ARKit2 によるプライベートナビゲーションシステムの提案と構築

## Proposal and Development of the System for private navigation by ARKit2

浅野 勇大<sup>\*1</sup>  
Yudai Asano

東野 利貴<sup>\*2</sup>  
Toshitaka Higashino

曽我 真人<sup>\*1</sup>  
Masato Soga

<sup>\*1</sup> 和歌山大学システム工学部

<sup>\*2</sup> 大阪大学大学院情報科学研究科

Faculty of Systems Engineering, Wakayama University Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

In this research, we propose a system which can freely set navigation without using GPS location information and AR marker at any location, and can be shared with multiple terminals via server. Moreover, in order to verify the usefulness of the system, a verification experiment was carried out. The verification experiment was conducted at Library in Wakayama University. We divided 20 subjects into 10 subjects for experimental group and 10 subjects for control group. The control group searched the target book using information printed by a system for book search in the Library. The experimental group searched the target book using the information and also using the developed system in this research. The result showed that this system has significant effect.

### 1. はじめに

モバイル端末の高機能化に伴い、スマートフォンやタブレット端末に利用されているGPSの位置情報を用いたナビゲーションシステムにAR機能に対応したものが多く登場している。しかし、屋内などGPSを測位できない場所や、プライバシーの観点からGPSの位置情報を利用しないプライベートな空間で利用できるナビゲーションシステムの需要も近年高まってきている。そこで本研究では、任意の場所において、GPSの位置情報やARマーカーを使用せずに自由にナビゲーションを設定でき、サーバーを経由することにより、複数端末で共有できるシステムを提案する。また、システムの有用性を検証するために、検証実験を行った。

### 2. 先行研究

ARを用いたナビゲーションシステムの先行研究は、利用場所によって大きく2つに分けられる。屋外では、Yahoo! MAP ARモード[Yahoo 18]やGoogleマップARナビゲーション機能[Google 18]といったGPS位置情報を用いたナビゲーションシステムが主流である。一方、建物の内部といった屋内では、GPS位置情報を用いることが難しいため、Wi-Fi測位、ビーコン測位、IMES測位などの方法で位置情報を取得し、ナビゲーションシステムを実現している[京極 13]。昨今では、ARToolKitの普及から専用のARマーカーを用いたナビゲーションシステムも実現している[Daniel 05]。

しかし、上述の通り、屋内で実現されているナビゲーションシステムは、ナビゲーションを行うために、センサーや、マーカーを取り付けるなど物理的な事前準備を伴う。このような準備は、実験環境であれば大きな問題にはならないが、公共施設など一般的な場所では、大きな障壁となる。

また、従来のナビゲーションシステムでは、ナビゲーション内容を設計者があらかじめ設定しておき、それを提示することでナビゲーションを行っていた。そのため、ユーザーが自由にナビゲーションを設定し、他者と共有することは難しかった。

そこで本研究では、公共施設やプライベート空間といった一般的な屋内でのナビゲーションを対象とし、物理的な事前準備

を伴わず実現できるナビゲーションシステムを提案する。また、ユーザーにより任意にナビゲーションを設定することができ、他者と共有することが可能となるシステムを提案する。

### 3. 提案システム

#### 3.1 開発環境

本システムは、iPad Pro用アプリケーションとして、MacBook Proを用いて開発を行った。また、サーバーはUbuntu18.04上にWebサーバーであるApache2.4.29を環境として用意した。また、サーバープログラムはPHP7.2.10-0ubuntu0.18.04.1(cli) (built: Sep 13 2018 13:45:02) (NTS)を用いて開発を行った。

#### 3.2 システム構成

##### (1) ARKit2によるARWorldMapの保存

ARKit2では、現実空間において、ユーザーのデバイスの位置を特定するために使用する、空間マッピング情報が含まれるARWorldMapという仕組みが用意されている。このARWorldMapを再設定することで、任意の空間において、AR空間を復元することが可能となる。本システムでは、この技術を利用して、デバイスが移動する物理空間に追加されたオブジェクトの情報を保存し、複数端末で共有することにより、任意の空間において、AR空間を復元することを実現した。

##### (2) ARWorldMapの送受信

本システムでは、ARWorldMapをHTTP通信を用いてサーバーに保存し、ダウンロードすることを可能とした。

#### 3.3 システムの使用方法

##### (1) システム画面説明

システム画面は、実験用システムのため、システムの起動と同時に表示される画面だけとなっている(図1)。また、以下のような機能を搭載している。なお、番号は画像内のボタンを意味している。

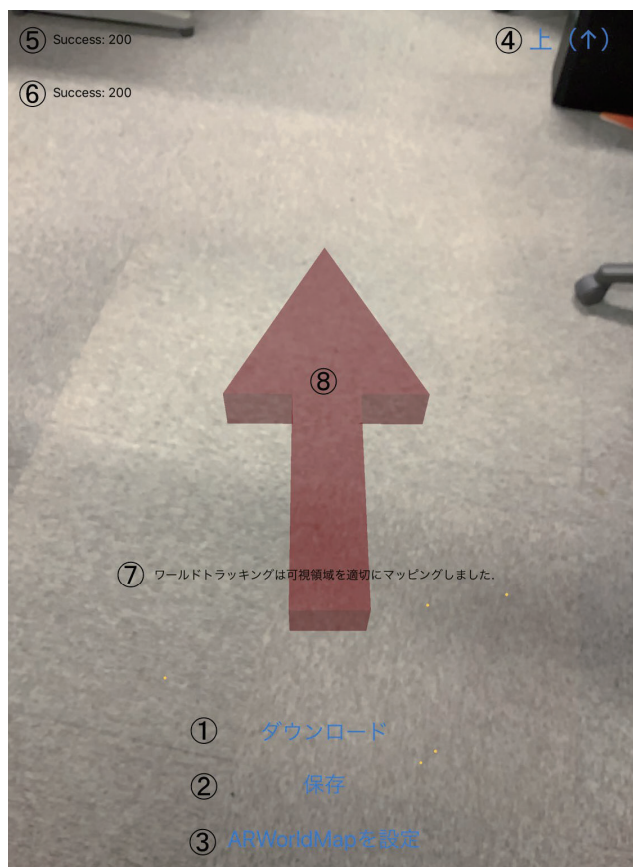


図1 システム画面

- ① ARWorldMap をサーバーからダウンロードする。
- ② タップすると設定した ARWorldMap をローカルに保存し、その後 ARWorldMap をサーバーに送信する。
- ③ ARWorldMap を設定ボタン。ダウンロードした ARWorldMap や、ローカルに保存した ARWorldMap を復元する。
- ④ 空間に配置する矢印の向きを上下左右の4方向に変更するボタン。タップすることで矢印の向きの切り替えが可能。
- ⑤ ダウンロードが成功した時に表示される。
- ⑥ 保存が成功した時に表示される。
- ⑦ 適切にマッピングできているかどうかを表示する。以下の4段階で表示する。

- ワールドマップはまだ適切に利用できません。
- ワールドトラッキングは、現在のデバイス位置の周囲の領域をまだ十分にマッピングしていません。
- ワールドトラッキングは最近訪れた地域をマッピングしましたが、それでも現在のデバイス位置の周囲にマッピングしています。
- ワールドトラッキングは可視領域を適切にマッピングしました。

なお、4段階目の状態が ARWorldMap の作成・復元に対して、一番適切な状態である。

⑧ 平面を認識するとその特徴点を黄色くマークする。平面と認識された箇所をタップすることで矢印のオブジェクトを床に配置することができる。

## (2) システムの使用手順

本システムでは、マップの新規作成と保存しているマップの復元の2つの使い方がある。それぞれを図2のフローチャートに従って説明していく。

- マップの新規作成の使用手順  
マップを新規作成する際は、まずシステム画面⑦において示されるデバッグが「ワールドトラッキングは可視領域を適切にマッピングしました。」と表示されるまで、周囲をマッピングするキャリブレーションの作業を行う。その後、平面に対して、示したい方向の矢印を配置していき、マップを作成する。マップ作成終了後に、システム画面②の保存ボタンをタップし、システム画面⑤のデバッグで「Success 200」と表示されれば、保存完了である。
- マップの復元の使用手順  
保存したマップを復元する際は、まずシステム画面①のダウンロードボタンをタップし、システム画面⑥のデバッグで「Success 200」と表示されれば、ダウンロード完了である。ダウンロード完了後、システム画面③のARWorldMapを設定のボタンをタップし、マップの新規作成の使用手順と同様に、システム画面⑦において示されるデバッグが「ワールドトラッキングは可視領域を適切にマッピングしました。」と表示されるまで、周囲をマッピングするキャリブレーションの作業を行うことで、マップの復元が完了する。

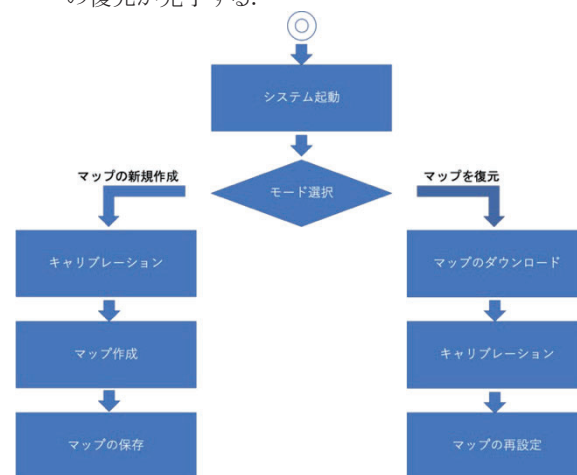


図2 ワークフロー

## 4. 評価実験

### 4.1 実験目的

本実験では、構築したシステムがナビゲーションシステムとしての有用性があるかを検証することを目的とする。

### 4.2 実験構成

#### (1) 実験環境

実験に協力した被験者は20名の大学生(男性:17名、女性:3名)である。全ての被験者に対して、参加の同意を得た上で実験を行なった。本システムはGPSの位置情報やARマーカースを使用せずに自由にナビゲーションを設定できるシステムを目的としているため、GPSが使えないかつ、ARマーカースの配置が困難な和歌山大学図書館を実験場所を選定した。和歌山大学図書館では、図書分類法(日本十進分類法)に基づき、本が配置されているため、図書請求メモを用いて本を探す。図書館では、図書請求メモに記載されている配架場所、請求記号、資料番号

に従い本を探索する。そこで、本実験では、和歌山大学図書館において、本システムまたは、図書請求メモを用いて、実験者が指定した本を被験者に探索してきてもらい、探索開始から本を発見し、それを実験者の元に持ってくるまでの時間を計測した。

## (2) 実験手順

本実験では、被験者は和歌山大学図書館で本を探す際に用いられる図書請求メモを用いて本を探す統制群10名と、図書請求メモと本システムを利用して本を探す実験群10名の2群に分けて実験を行なった。また、実験群で用いたシステムでは、あらかじめ実験者が本を置いてある場所までのナビゲーションを設定し、サーバーに保存してあるものをダウンロードし用いた(図3)。両群共に、実験前に図書館利用に関するアンケートを実施し、その後それぞれの実験環境に基づき、実験者が指定した本を探してきてもらい、その時間を計測した。最後に実験群のみにシステムの利用に関するアンケートを実施した。

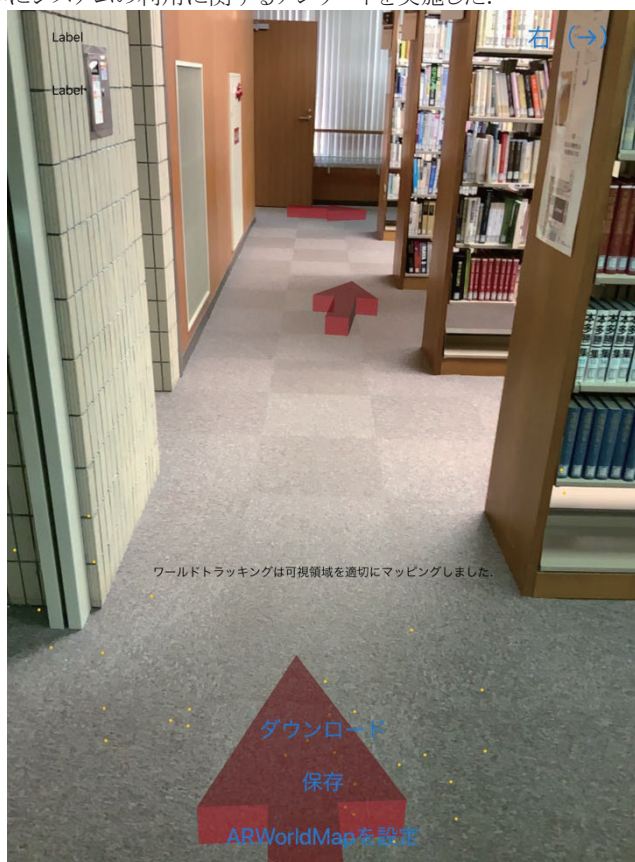


図3 実験画面

## 4.3 実験結果

### (1) 事前アンケートの結果

和歌山大学図書館では、図書分類法に基づき本が配置されているため、図書分類法を暗記している被験者は本システムの有無に関係なく簡単に本を見つけてしまう恐れがある。また、図書館の利用頻度により、実験結果への影響が出る恐れも考えられる。そこで、事前に、図書分類法についての習熟度、図書館の利用頻度についてのアンケートの実施した(図4, 5)。これは実験群・統制群共に同じ内容で行い、合わせて集計した。

図書分類法(日本十進分類法)について知っていますか?

20件の回答

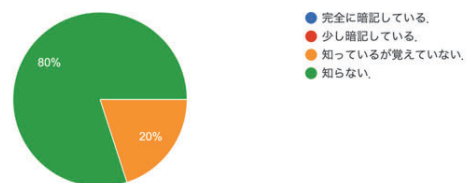


図4 図書分類法に関するアンケート結果

図書館の利用頻度を教えてください。

20件の回答

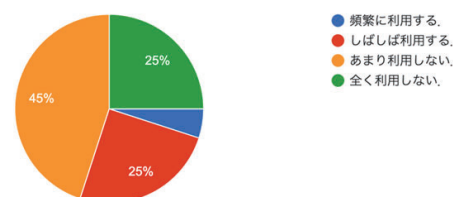


図5 図書館の利用頻度に関するアンケート

### (2) 統計量

事前アンケートの結果から図書分類法を把握している被験者はいなかったため、すべての被験者のデータを採用した。被験者20名のデータから実験群(10名)・統制群(10名)ごとに本を見つけるまでの時間(探索時間)の平均値と分散値を算出した(表1, 図6)。

表1 探索時間の統計量

統計量	統制群	実験群
平均値 [s]	275.30	100.30
分散値 [s <sup>2</sup> ]	187.73	35.63

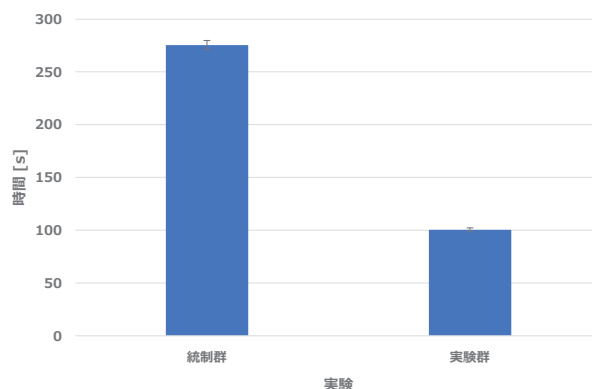


図6 平均値と標準偏差

実験群・統制群の差の検定は、ノンパラメトリック検定手法の1つである「Wilcoxonの順位と検定」を選択した。t検定を用いない理由は、データ数が少なく、データの平均値が正規分布に従うと仮定できないためである。今回、帰無仮説に「平均に差がない」、対立仮説に「平均値に差がある」と設定した片側検定を実

施した。検定の結果、 $p = 0.0036$ となった。よって有意水準 1% の場合に、帰無仮説が棄却されるため、平均値に差があることが示された。

#### 4.4 システムに関するアンケートの結果

システムに関するアンケートには 5 段階評価のリッカート尺度を利用している。その結果を以下の表 2, 3 に示す。

表 2 アンケート質問内容

質問内容	質問番号
システムは目的地に着くための手助けになりましたか？	1
自分がどちらに進めば良いか適切に理解できた。	2
ナビゲーションの指示はわかりやすかった。	3
図書請求メモがなくても目的地付近にたどり着くことができると思う。	4

表 3 アンケート結果

質問番号	強く同意しない	同意しない	どちらとも言えない	同意する	強く同意する
1	0	0	0	3	7
2	0	0	0	1	9
3	0	0	0	2	8
4	0	0	0	3	7

表 2, 3 のアンケート結果は、被験者数が少ないことから、データに散らばりがなく、一概に結論を述べることはできないが、比較的高い評価が得られた。

## 5. 考察

### 5.1 提案システム

本研究では、屋内でのナビゲーションシステムの問題点を解決するために、任意の場所において、GPS の位置情報や AR マーカーを使用せずに自由にナビゲーションを設定でき、設定データをサーバーを経由させることにより、複数端末で共有できるナビゲーションシステムを提案した。

本研究で使用しているマーカーレス AR の先行研究は複数見受けられるが、GPS 位置情報と AR マーカーの双方を使用しないナビゲーションシステムの研究は、あまり行われていない。

また、先行研究では、ナビゲーションシステムの設計者があらかじめ設定したナビゲーション情報を受け取るしかできなかった。しかし、本研究では、任意の場所において、ユーザーが自由にナビゲーションを設定でき、その設定情報を複数端末（ユーザー）に共有し利用できる環境を構築した。この点については、本研究の大きな新規性であると考えられる。

### 5.2 図書館の利用頻度による影響

評価実験で得られたデータの信頼性の検証として、図書館の利用頻度による影響があるかについて考察する。図書館の利用頻度のアンケート結果から、探索時間と比較して考察する。以下の項目に対し、それぞれ値を割り振る。

- 頻繁に利用する ...4
- しばしば利用する ...3
- あまり利用しない ...2
- 全く利用しない ...1

この値はカテゴリデータであるが、この場合、図書館の利用頻度を表す間隔尺度とみなせるため、各被験者に対し、得られた探索時間と比較して相関係数を導出する。なお、用いる相関係

数はピアソンの積率相関係数とする。表 4 において、統制群は、図書請求メモを用いて本を探す 10 名の探索時間と利用頻度の関係、実験群は、図書請求メモと本システムを利用して本を探す 10 名の探索時間と利用頻度の関係、被験者全体は、統制群、実験群すべての被験者の探索時間と利用頻度の関係を表している。

表 4 相関係数とその p 値

	統制群	実験群	被験者全体
相関係数	0.067	0.26	-0.0035
p 値	0.85	0.47	0.99

相関係数の信頼度に関して t 検定を用いて、検定を行う。帰無仮説を「相関係数が存在しない」、対立仮説に「相関係数が存在する」とすると、p 値は表のようになる。このことから、各群において有意水準 5% で帰無仮説は棄却できず、相関係数の信頼性は担保できないため、本実験においては、図書館の利用頻度と本実験結果の相関関係を認めることはできなかった。

よって、システムの評価について、実験結果に対して、図書館の利用頻度が直接影響しているものとはいえなかったため、その影響を無視するものとする。

実験の探索時間の結果より、有意水準 1% の片側検定において、実験群の方が探索時間が有意に短いことが示された。よって、本実験により、実験群の平均値の方が低い値となっているため、システムを使った実験群の方が、より早く本を見つけることができたということが示された。また、分散値においては、実験群の方が低い値となっているため、システムを用いた場合には、被験者による探索時間の差が少ないことが示された。このことから、本システムはナビゲーションシステムとして有用であることが示された。

## 6. まとめ

本研究では、屋内でのナビゲーションシステムの問題点を解決するために、任意の場所において、GPS の位置情報や AR マーカーを使用せずに自由にナビゲーションを設定でき、設定データをサーバーを経由させることにより、複数端末で共有できるナビゲーションシステムを提案した。

実験を行い、検定を行った結果、実験群のほうが、統制群に比べて有意に探索時間が短くなった。よって、本研究は、ナビゲーションシステムとしても有用であることが示された。

## 参考文献

- [Yahoo 18] 現実世界とアプリの世界が、一つに重なった！  
Yahoo!MAP の新機能「AR モード」  
(最終閲覧日：2019 年 2 月 3 日)，  
[https://map.yahoo.co.jp/blog/archives/20180305\\_map\\_ar-mode.html](https://map.yahoo.co.jp/blog/archives/20180305_map_ar-mode.html)
- [Google 18] Google Maps unveils its first-ever augmented reality interface (最終閲覧日：2019 年 2 月 3 日)，  
<https://arstechnica.com/gadgets/2018/05/google-maps-unveils-its-first-ever-augmented-reality-interface/>
- [京極 13] 京極 海，島村 和典：ナビゲーションのための屋内位置推定方式の研究，高知工科大学 情報学群，2013 年 2 月。
- [Daniel 05] Daniel Wagner, Dieter Schmalstieg: First steps towards handheld augmented reality, Vienna University of Technology, November 2005.