

令和 2 年 6 月 25 日現在

機関番号：16101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K12867

研究課題名（和文）仮想空間における災害疑似体験を通じたモバイルアプリケーションの参加型デザイン環境

研究課題名（英文）Participatory Design Environment for Mobile Applications through Simulated Disaster Experiences in Virtual Space

研究代表者

笹尾 知世（SASAO, Tomoyo）

徳島大学・人と地域共創センター・助教

研究者番号：60789733

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：災害時支援を行う位置情報を用いたモバイルアプリケーションは、いざという時に適切に機能することが求められるが、非常時環境の再現のコスト、多様なユーザの参加の難しさの理由から、現場でユーザビリティ評価を行うことが難しい。そこで本研究ではGoogle Street Viewを拡張した仮想空間内でモバイルアプリケーションのユーザビリティを比較評価できる実験環境を構築した。また仮想空間の特徴、強み、限界性を明らかにするための利用実験を行なった。実験の結果、仮想空間内の歩行、操作時の身体動作、スマートフォン操作状況を可視化し、ユーザビリティ評価の判断に役立つ特徴の発見支援ができる可能性を示すことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果により、位置情報を用いたモバイルアプリケーションの評価を仮想空間内で実施する可能性について、メリットとデメリットを踏まえて今一度検討がされるようになると考えられる。例えば、実空間での実証実験の難しい災害時支援を目的としたアプリケーションが問題なく意図通りに機能しているかをチェックしたり、その場所を訪れた経験のない人の行動・操作を多くのサンプルを集めて定量評価することを支援できる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：Mobile disaster assistance apps that use location information must be able to function properly in a pinch, but evaluating usability in real situations is challenging given the costs of recreating the environment of an emergency and the difficulty of including a diverse array of users. For the present research, we constructed an experiment environment that allows for comparisons between the usability of mobile apps in a virtual space extended from Google Street View. We also conducted experiments to explore the features, strengths, and limitations of the virtual space. As a result of these experiments, we were able to visualize walking, body movements during use, and the status of the user's smartphone within the virtual space, as well as demonstrate its potential for supporting the discovery of information useful for making judgments about usability.

研究分野：デザイン学

キーワード：Google Street View ユーザ評価 位置情報 空間認知

1. 研究開始当初の背景

近年、モバイルデバイスの利用が増えるにつれ、位置情報を活用したアプリケーションを利用する人の数は増え続けている[1]。開発したアプリケーションが対象となるユーザー群にとって使いやすいデザインかどうか評価しデザインの改善を行う方法として、人々にプロトタイプを使用してもらいその体験の様子を観察したりインタビュー等を行うことで定量・定性データを集める「ユーザ評価」が有効である。位置情報アプリケーションを評価する場合には、実際に利用される現場での実証実験を行うことが効果的と言われている[2,3]。一方、位置情報を用いたモバイルアプリケーションの中でも特に災害時など特異な状況下での利用を前提とするサービスは、いざという時に適切に機能することが求められるにも関わらず、2点の理由からフィールド実験によるユーザ評価のハードルが高まる問題がある。

- (1)非常時という特有の状況を再現した実験環境の準備にコストがかかる
- (2)実験参加者が近隣居住者に限られ多様なユーザの利用状況を観測できない

2. 研究の目的

本研究はこれらの課題を解決するため、仮想空間を用いてモバイルアプリケーションのユーザ評価を行う可能性を探索することを目的とする。本研究で提案する仮想空間を用いたユーザ評価環境は、コンピューター上の仮想空間における位置情報と操作者のスマートフォンの位置情報を連動させ操作の様子を記録することで実現する。仮想空間を加工することで、全ての実験参加者に同一の非常時環境を提供することができる他、実際の居住地に縛られずに実験参加者を集めることができる。デジタルツインなど現実世界を模した仮想空間をシミュレーション環境として活用する研究は様々行われているが、現実空間にあるスマートフォンを仮想空間に連動させてスマートフォン上のアプリケーションを評価するような空間融合型のユーザ評価環境はこれまで提案されてこなかった。そのため、本研究ではこの空間融合型のユーザ評価環境の特性を明らかにすることを重視する。

3. 研究の方法

仮想空間を用いたモバイルアプリケーションのユーザ評価環境の可能性を探索するため、以下の方法で研究を進めた。

- (1) 文献調査に基づく提案する環境のプロトタイプ開発
- (2) これを用いた実証実験の実施
- (3) 実験結果から得られる情報を精査しユーザ評価のための可視化の検討と仮想空間の特徴、強み、限界性を整理する

4. 研究成果

(1) 提案する環境のプロトタイプ開発

① 全体設計
本研究で提案する仮想空間を用いたモバイルアプリケーションのユーザ評価環境を文献調査を踏まえて設計した。(図1)以下の3つのプロセスに応じた機能で構成される。

①-1. **コンテキスト設定**: 実験主催者やアプリケーション開発者は、アプリケーションの利用が想定される実世界環境のコンテキストを事前に設定し、仮想空間に反映する。例えば、震災発生時のコンテキストとしては、過去の震災の被害状況データ等を参考に、通行困難となるレベルの被害について、被害地点にポップアップイベントを仕掛けることで、仮想空間上での行き来を阻害できる機能を持たせる。

①-2. **実験**: テストアプリケーションの想定ユーザが、実験室に置かれたディスプレイに表示された仮想空間と自分のスマートフォンの位置情報を連動させた実験環境を立ち上げ、仮想空間内の街をコントローラーを用いて移動しながら、実験対象となるアプリケーションを使用する。仮想空間には、世界中から無償でアクセス可能な Google Street View を拡張した基盤とする。実験開始時に、実験主催者やアプリケーション開発者は指定したシナリオと課題、実験時間をユーザに伝え、実験を開始する。テストする位置情報アプリケーションは、仮想空間内の位置情報を参照して機能することになる。ユーザの発話、身体動作、仮想空間内の動作、スマートフォン内の操作を、センサーや動画を用いて記録する。

①-3. **分析**: 実験主催者やアプリケーション開発者は実験参加者の操作データを分析する。本システムはアプリケーション操作と仮想空間内のコンテキストの関連性を探索することが重要になることから、すべてのデータは時刻と位置情報を付与し時系列グラフおよび地図への可視化できる機能を持たせる。



図1 災害時支援の位置情報アプリケーションのユーザ評価のケースを想定した本研究の提案するシステムにおける作業プロセス

②プロトタイプ

本研究で開発したプロトタイプは①-2 実験の機能を実装した。プロトタイプを用いた実験を繰り返すことで、①-1 コンテキスト設定①-3 分析の機能を検討し開発につなげる。またプロトタイプを用いて評価実験をするための位置情報アプリケーションを開発した(図2)。

②-1. 仮想空間シミュレーター

Google Maps API を用いて、ブラウザに Google Street View を表示し空間内の操作およびログイン可能な仮想空間環境を構築した。開発には javascript と php を用いている。人間の両目の最大視野角は 62 度[4]とされていることから、それらをカバーできるように、ディスプレイを 3 台配置した。仮想空間内の移動及び視野の方向調整はマウスのクリックとドラッグで操作する。仮想空間内の操作ログ(自位置の移動(緯度, 経度), 視野角(pitch, yaw))は変化のあったタイミングで時刻及び位置情報とともにサーバ上に保存する。

②-2. 評価実験テスト用位置情報アプリケーション iPhone 上で動作する、簡易的な地図ナビゲーションアプリケーションを開発した。サーバーに記録されている仮想空間内の自位置を 1 秒毎に読み込み、地図上に自位置を示すマーカーを落とす。仮想空間内での移動があると、この地図も自動的に更新され移動した位置が即座に反映される。通常は自位置を中心に表示するが、地図上でのパン、ピンチ操作により地図を自由に閲覧できる。この地図アプリケーション内の操作ログ(中心位置の移動(x, y), 回転(角度), ズームレベル(1~9))は変化があったタイミングでサーバー上に時刻付きで記録される。

②-3. 目と頭の動きのセンシング 実験参加者の身体の動きを計測するため、JINS MEME ES[5]を用いて頭部の動作(xyz 加速度, pitch, roll, yaw)と、目の動き(上下左右への眼球移動, まばたきの強さ)を計測する。計測されたデータはサーバー上に位置情報付きで記録される。

②-4. 発話記録 実験参加者には、操作中に頭に浮かんだことをすべて発話してもらおう Think Aloud Protocol[6]を実践してもらい、その音声をディスプレイ上部に取り付けた web カメラにより動画で記録する。発話した時刻に発話音声をラベリングし、分析データに追加する。



図 2 ユーザ評価環境のプロトタイプ

(2)利用実験

① 実験計画

①-1. 目的 異なるシナリオと異なる経験を持つユーザグループによる実験を行う。ユーザが操作する仮想空間内の移動とテスト用の地図アプリケーションの使用の様子を観察し、本実験環境の強みと限界, 改良すべき点を探索的に明らかにする。

①-2. 方法 実験参加者に対してこの実験の目的とシナリオを説明し, 実験対象地域で操作の方法を教え 1 分程度練習の時間を与える。また, 操作中は Think aloud protocol を用い, 思いついたことをすべて発話するよう伝える。仮想空間に開始場所を表示し, 各データの記録を開始した後, 「開始」と言い, 実験参加者に操作を開始してもらう。実験終了後, 全てのデータを取りまとめる。

①-3. 実験シナリオ 実験対象地域を「徳島県小松島市」とし, 実験開始場所を「南小松島駅」に設定した。シナリオは以下の 2 種類を用意した:

(a) 目的地移動行動支援。「小松島みなと交流センター」に向かって歩いてください。到着したら「着きました」と言ってください。

(b) 散策行動支援。自由に散策し, 好きなタイミングで「終わります」と言ってください。

①-4. 参加者 実験対象地域によく訪れている人間(P1)と初めて訪れる人間(P2)それぞれ 5 名(男性 5 名女性 5 名, 25~35 歳)が参加した。

①-5. ユーザ経験の計測 ユーザの発話, 身体動作, 仮想空間内の動作, スマートフォン内の操作を時空間情報付きで計測する。また画面を録画し確認用のデータとした(図 3)。

①-6. データの分析 記録したデータを時刻情報で紐付け, 全てのデータに緯度経度情報を付ける。時系列グラフと地図へのマッピングを行い, 初めて訪れる人とそうでない人の行動, 目的の

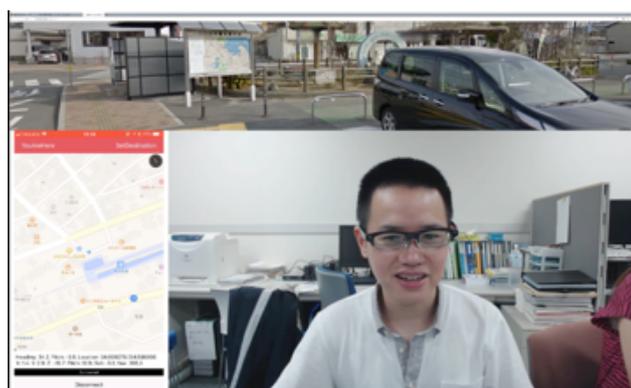


図 3 ユーザ評価環境を使った実験の記録映像(上: Google Street View の操作画面, 左下: テストアプリケーションの画面, 右下: 操作者の表情・身体の動き・音声)

移動と散策行動の比較をその特徴を観察する。

② 結果

②-1. 歩く速さ 10名の参加者が各シナリオにて実験開始から終了に要した時間は平均9分33秒で、(a)目的地へ向かう場合よりも(b)散策に時間を要した。(a)については、出発地点から目的地まで実際に徒歩で移動すると最短距離で900mであり、約12分で到着可能な距離であるが、仮想空間内の移動では、平均5分28秒となり約45%の実験時間短縮に繋がった(図4)。

②-2. テストアプリケーションの操作 テストに用いた地図アプリケーションの拡大縮小操作について、この場所をよく知るP1群は、(a)目的地への移動の際、建物の形状や名称等が詳しく表示されるズームレベル18~19の地図を使って移動を行い全体を確認する動作は見られなかった。一方(b)散策では、500m先の情報が入る程度のズームレベル18の地図を中心に用いて移動を行なった。この場所を訪れたことのないP2群は、(a)目的地移動(b)散策ともに俯瞰したズームレベル(17~15)を使う傾向にあった。(a)目的地移動よりも(b)散策の場合に様々なズームレベルを多用する傾向があった。

P1群とP2群の(a)目的地へ向かう場合と(b)散策の場合における移動軌跡と地図アプリの表示中心点の軌跡を地図上で重ね合わせることで地図操作の空間的可視化を行なった(図5)。地図アプリの操作は以下の3パターンが見受けられた。

- 移動ルート上を小刻みに探るような動き
- 移動ルートを大きく外れた後また移動ルート上に戻ってくる動き
- 移動ルートと交差する道路に沿った動き

②-3. 目と頭の動き 実験参加者の体の動きを記録する眼鏡型センサから、頭部の6軸加速度と視線の方向、まばたきの速さと強さを取得することができた(図6)。仮想空間を見ているかスマートフォンを見ているかの違いのセンシングデータの挙動は、実験参加者のスマートフォンの持ち方・置き方によって大きく異なるが、特にY軸Z軸加速度、ピッチ(pitch)、ヨー(yaw)の変化量が大きかった。この判別には視線の動きが大きく影響すると予想していたが、眼球運動にはそれ以上にノイズが多く含まれるため、本実験程度のデータ量では判別が困難であることがわかった。

(3) 仮想空間の特徴とモバイルアプリケーションのユーザ評価に用いる強みと課題

① 仮想空間内の移動速度

特にナビゲーション系のアプリケーションを評価する場合、仮想空間内の移動速度が重要な指標となる。本実験では目的地への移動(a)と散策(b)、土地勘のあるユーザ(P1)と土地勘のないユーザ(P2)で時間差が大きくなり、現実空間と同様の特徴が現れることがわかった。より正確な評価を行うために、仮想空間内での移動速度の個人差を様々なシナリオ下で調査しデータを集め、個人差を平準化した上で、群間での移動速度の比較を行えるようにしたい。また、本実験で用いた仮想空間は、実世界と比べて移動の際に情報量が落ちるため、環境側の性質によって現実空間では見られない迷い等が発生する可能性があることに注意する必要がある。

② 地図アプリケーションの操作ログ

現実空間におけるフィールド実験と比べ、初めて訪れ

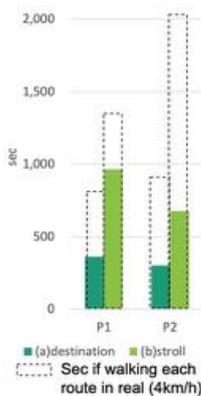


図4 仮想空間内の移動時間の比較(点線は現実空間の移動として換算した時間にかかる時間)



図5 地図アプリケーションの操作ログと実験参加者の映像から観察された操作の特徴

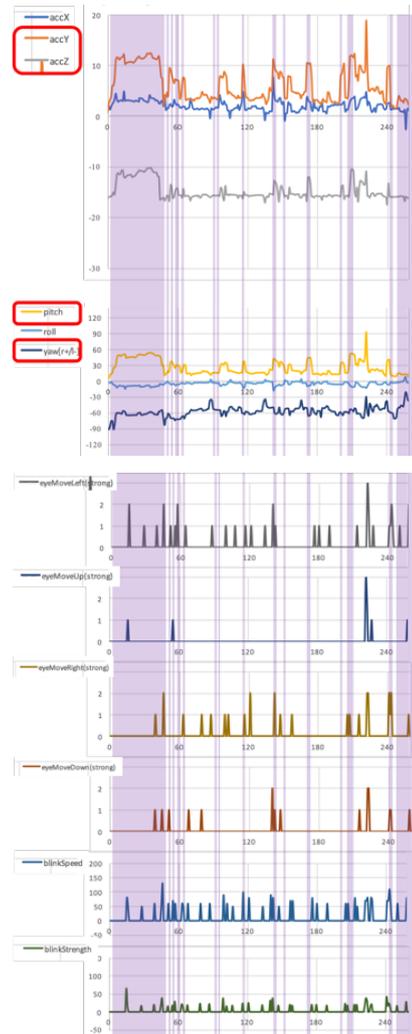


図6 頭の6軸加速度、視線の動き、瞬きの時系列ログ(紫：スマートフォンを見ている時)

る場所に対する認知バイアスがかからないことから、場所に対する経験値が大きく関わるようなアプリケーションの評価環境として仮想空間は適切であると考えられる。地図アプリケーションの操作の特徴を自動的に抽出できるようになると、システムのエラーや操作者のミスを見分ける時に役立つことから今後の課題としたい。

③操作中の身体動作

当初、視線の方向や瞬きから、手元のスマートフォンを見ている動作を自動抽出する計画であったが、頭の傾きにその特徴がより大きく出ていることが判明した。今後データをさらに集め、これらの動作の自動判別機能を備えたい。また、視線や瞬きの動きのデータをより多く集め機械学習を進めることで、人の目では気づくことのできない仮想空間の環境への反応を抽出していくことができると考えられる。今後の課題としたい。

<引用文献>

- [1] Statista, "Number of location-based service users in the United States from 2013 to 2018 (in millions)," Statista; 2017. <https://www.statista.com/statistics/436071/location-based-service-users-usa/>.
- [2] P. Johnson, "Usability and mobility; interactions on the move. In: Proceedings of the first workshop on human-computer interaction with mobile devices," GIST Technical Report G98-1, Glasgow, Scotland, 1998.
- [3] C. van Elzakker et al, "Field-based usability evaluation methodology for mobile geo-applications," Cartogr J, vol.45, pp.139-149, 2008.
- [4] Royal Naval Personnel Research Committee, "Human factors for designers of naval equipment," England: Medical Research Council, 1971.
- [5] JINS MEME, <https://jins-meme.com/en/>, last accessed 2019/2/10.
- [6] M.W. Jaspers et al. "The think aloud method: a guide to user interface design," International journal of medical informatics, vol.73, no.11-12, pp.781-795, 2004.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Sasao Tomoyo, Si Ruochen, Shibuya Mitsutoshi, Lu Min	4. 巻 11587
2. 論文標題 The Potential of Virtual Real World for Usability Test of Location-Aware Apps	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 172 ~ 186
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-21935-2_14	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 笹尾知世, 澁谷光利, 陸 恣, 司 若辰
2. 発表標題 仮想空間内での現実世界の体験性を拡張した位置情報アプリケーションのユーザ評価実験環境の可能性
3. 学会等名 電子情報通信学会 ヒューマンプロープ研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoyo Sasao, Ruochen Si, Mitsutoshi Shibuya, Min Lu
2. 発表標題 A Usability Testing Platform for Location Aware Apps in a Virtual Real World
3. 学会等名 Distributed, Ambient and Pervasive Interactions, HCI International 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	司 若辰 (SI Ruochen)		

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	澁谷 光利 (SHIBUYA Mitsutoshi)		
研究協力者	陸 恣 (LU Min)		