

危険回避のための人物誘導機構をもつ 野外学習システムの設計と実装

中村 誠¹ 寺田 努^{1,2} 塚本昌彦¹

概要：野外学習は子どもの成長にとって大切である。例えば、実際に外に出て、自然の中で動植物を観察することで、自然の美しさや生命の神秘を肌で感じられる。しかし、外には子どもにとって危険な状況や場所が多く存在する。例えば、子どもが一人で遊んでいる時に高所から転落して頭を打ってしまった場合、周りに助けを呼びに行く人がおらず危険である。そこで本研究では、野外学習イベント用のシステムを構築し、参加者に自然との触れ合いを提供する。本システムでは、イベントとして「〇〇を探そう」など、与えられた課題を遂行するゲームを対象としており、人物誘導を行うことで安全な野外学習の実現を目指した。本稿では、人物誘導手法として、イベント中に他の参加者から離れて孤立してしまった人物の近くへ、周りの参加者を彼らが遂行中の課題に対するヒントを提示することで誘導する手法を提案した。そして、提案システムの有効性を検証するため実際にイベントを開催し、誘導用のヒントを出された参加者がどのような動きをしたか、孤立した参加者がどの程度の時間孤立状態が続いたかを調査した。その結果、ヒント提示による誘導手法の有効性と改良の必要性を確認した。

1. はじめに

野外学習という用語は、1940年代から1950年代にかけてキャンプと学校教育を関連付けるものとしてアメリカで使われるようになった用語である。野外学習の父とも言われるL.B. シャープが使い始め、その後広く定着していった[1]。日本では戦後、野外活動という用語が広く使われるようになった。この背景には、昭和36年に制定されたスポーツ振興法の影響が大きい。この法律の中では、野外活動の具体例として、キャンプやサイクリング、ホステリングなどが挙げられている。このスポーツ振興法の解説文には「野外活動は、形式の整ったスポーツを除き、主として、自然を相手とした広々とした屋外で行われるレクリエーションあるいは、体育活動を指している」と記されている[2]。しかし、「野外学習」については、さまざまな解釈が可能であり、今日まで明確で一義的な定義はなされていない。George W. Donaldson は野外学習を「outdoor education is education in, about, and for the outdoors」と定義している[3]。このDonaldsonの定義は野外学習の行われる場所(in)とその扱う内容(about)、目的(for)を最も簡潔に

表すものとして広く使われている。

野外学習は子どもの成長にとって大切である。例えば、外に出て自然の事物に実際に手で触れ、目で観察することによって、写真や文章では味わうことのできない生命の神秘や、感触、匂いなどを感じ、感性や科学的な探究心が育てられる。早い時期から自然の事物に興味をもつことによって、近年問題となっている森林破壊や大気汚染など、さまざまな環境問題に対して子どもの頃から意識を持ち[4]、美しい自然を守っていこうとする態度を身に付けるきっかけになるかもしれない。また、外に出て、体を使って学習することは、健康な体作りにも繋がる[5]。このように野外学習にはさまざまなメリットがある。一方で、屋外には子どもにとって危険な場所や状況が多く存在している[6]。例えば、池や沼に落ちて溺れたり、高所から転落して頭を打つ、などの危険が考えられる。子どもが一人でいる時にこのような危険な状況に陥ってしまった場合、助けを呼ぶ人がおらず大きな事故になりかねない。また、野外学習に熱中した子どもは、集団から離れていることに気付きにくい。こういった子どもの安全を確保するためには、すぐ近くに誰かがいて、相互に見守り合えるような状態が望ましい。そこで本研究では、子どもたちを対象として、人物を暗黙的に誘導し、孤立を防ぐことによって、安全に野外学習ができるシステムを提案する。本システムで提供する野外学習は、画面付きのデバイスを使って宝探しと称して、与えら

¹ 神戸大学工学部電気電子工学科
Undergraduate of Electrical and Electronic Engineering,
Kobe University

² 科学技術振興機構さきがけ
PRESTO, Japan Science and Technology Agency

れた課題に沿った写真を撮影しながらエリアを回るのである。そして、自由な学習を阻害しないために課題のヒントを利用することで、人物を暗黙的に誘導し、安全を確保する。本稿では、孤立した人(以下、孤立者)は、怪我をしていて身動きがとれないなどの可能性があり、本人を誘導することは難しいという前提で、孤立者の周りの人(以下、被誘導者)を誘導することで孤立をなくし、大きな事故の発生を未然に防ぎ、万が一の事故が発生した際も素早い対応が取れるような環境を作ることに重点を置いている。この目的実現のためにシステムでは、孤立者と被誘導者との近さを示す近さスコア、被誘導者を誘導することによって周りに与える影響を示す影響度スコア、被誘導者がヒントによって向かう地点と孤立者の現在地との整合性を示すヒント合致スコアを定義し、これらのスコアを考慮して被誘導者の選定を行う評価関数を作成した。本システムを検証するための実験として、実際に大阪府吹田市にある万博記念公園にて野外学習イベントを行い、被誘導者が孤立者に近づいたかどうかや、誘導を行う場合と行わない場合で、連続して孤立し続けている時間がどのように変化するかを比較、検討した。

本稿は、以下のように構成されている。2章で関連研究について述べ、3章で野外学習システムの設計について述べる。4章でシステムの実装について説明し、5章で評価実験を紹介し、結果を考察する。最後に6章で本稿のまとめを行う。

2. 関連研究

本研究では

- (1) 「自然に触れる」ことで豊かな感性や科学的な探究心を育てる野外学習。
- (2) 人物を暗黙的に誘導し、危険を回避する「安全な」野外学習。

この2つを重視した野外学習システムを提案する。以下に、この目的に関連した研究を述べる。

2.1 野外学習を支援する研究

野外学習を支援するシステムがこれまでに提案されている。阿部らによるGPS・PDA(PDA: Personal Digital Assistant)による自然観察のための資料提示システム[7](図1(a))では、野外学習時に子どもたちを引率する講師や保護者の代わりに、特定の場所で子どもたちの所持しているPDAへ教材(図1(b))を提示する。これによって子どもたちは自由に屋外を散策でき、観察に基づく新しい発見の喜びを味わえる。

荻野らによる野外活動におけるGPS携帯電話を用いた学習内容提示システム[8](図2(a))は、学習者の位置情報と過去の行動履歴をもとに、適したコンテンツ(図2(b))を動的に携帯電話に表示するもので、観察者に観察対象の理

解を促す可能性があることが示されている。

D. Kohen-Vacsらによる野外学習のための宝探しゲーム[9]では、子どもたちは、自分の住んでいる町で、iPhoneやAndroidなどの携帯端末を使って「The Treasure Hit」という宝探しのゲームを行う。このゲームでは先生側と生徒側の二つのシステムが用意されている。先生側のシステムでは、宝の位置やそこに至るまでの目的地をGoogle Maps APIを利用して設定できる(図3(a))。また学習のニーズに合わせてクイズやヒントを自由に作ることができる。生徒側のシステムでは、携帯端末の画面に先生が作ったクイズやヒントが表示され、さまざまな目的地を経由しながら宝を探しだす。目的地に到達すると、その土地に関連したクイズが出題され、それに正解すると次の目的地へのヒントが得られる(図3(b))。このゲームを通して、楽しみながら、自分たちの住んでいる町の歴史や地理に親しみを持ってもらうことを目的としている。

鶴川らによる屋外教材提示システム[10]では、学習者はARアプリケーションが利用できるスマートフォンを所持し、学習者の現在置を元にしてその近傍にある植物の情報を提示する。しかし、ARによる教材は利用可能端末が限られ、現在普及している携帯端末と比べると一般的ではない端末を利用するため、一般の学習者が気軽に説明や解説を受けることができない。そこで、これと並行してQRコードの付いた看板(図4(a))を各植物の近くに設置し、その植物の音声ガイド(図4(b))を聞けるようにする。宮前らによるウェアラブルコンピュータを用いた万博記念公園ナビゲーションシステム[11]では、ユーザはナビゲーションに従って園内を散策する。このシステムではGPSと地磁気センサを用いて、ユーザの位置とユーザが向いている方向を取得して、ユーザの見ている対象物を推定し、ユーザが操作することなく、能動的に万国博覧会当時の様子を紹介するコンテンツやクイズを提示する。これらの野外学習を支援するシステムはいずれも地域や自然環境に対する理解を深めるのに有効なシステムであるが、野外学習参加者、主に子どもたちの安全性までは考慮されていない。

2.2 子どもの安全を確保する研究

子どもの屋外での安全を確保する研究もこれまでに行われてきた。武内らによる高精度位置検知システムを適用した子ども見守りシステム[12]は、子どもに携帯端末を所持させ、その端末から電柱などに設置した基地局に、位置検知のための信号を送り、子どもの位置を算出するシステム(図5)である。このシステムでは一台の基地局で子どもの位置を誤差0.3~1m程度の高精度に検知できる。また、日比野らによるICタグによる「子ども見守り」システム[13]では、「通学路通過検知機能」、「一般防犯機能」、「緊急時支援機能」の3つの機能を備えた「ユビキタス街角見守りロボット」によって子どもたちの安全を確保する。「通学

路検知機能」とは、子どものランドセルに装着された IC タグを検知し、記録する機能である。「一般防犯機能」とは、見守りロボットに設置された通信機能付電光掲示板に一般防犯情報などが表示される機能である。また「緊急時支援機能」とは、緊急時に子どもが緊急ボタンを押すと、見守りロボットがパトランプを点灯させ、防犯ブザーを鳴らすと共に、保護者、小学校、警備会社に緊急事態を知らせるメールを送る機能である。野外学習の際に、このようなシステムを利用することで子どもたちの動きを監視し、子どもが危険な状況に陥った時にすぐに保護者や先生が駆けつけることで安全を確保する方法が考えられる。しかし、このような場合、子どもたちが自然観察に熱中している時に、危険になりかけたからといって保護者や先生が近くに駆けつけると、熱が冷めてしまったり、自由な学習が阻害されてしまう可能性がある。

2.3 人物誘導を行う研究

本システムでは課題に対するヒントを提示して参加者を誘導をする。人物誘導を行っている研究について以下に述べる。片山らによる装着型センサを用いた経路推薦機構を持つナビゲーションシステム [14] では、スタンプラリーやウォークラリーなどのポイント巡回型サービスにおいて、参加者が各ポイントで携帯電話を使って QR コードを読み込むことでポイントに対応した Web サイトにアクセスする。各 Web サイトでクイズを出題した後、次に移動すべきポイントを推薦することで、参加者の行動を緩やかに制御する。丸山らによる観光のためのパーソナルナビゲーションシステム「P-Tour」 [15] は、ユーザが出発地や帰着地、観光候補地などを設定すると、最も満足度が高くなるような巡回路や到着・出発時刻を含むスケジュールを算出しユーザに提示する。具体的には、決定したスケジュールに従い、GPS を備えた携帯端末を介してユーザに、現在地を中心とする地図や次の目的地までの経路、目的地での滞在可能時間などを提示する。R.Tenmoku らによる Nara Palace Navigator [16] は、奈良の宮跡をナビゲーションするシステムで、ユーザの携帯端末から位置情報をサーバのデータベースへ送信することによって (図 6(a)), 各端末の現在地に適した図 6(b) のような奈良の宮跡情報を受け取れる。また、福井らによる歩行者ナビゲーションシステム [17] は、地図画像を歩行者に対して提示するのではなく、歩行者の視点に立った指示案内文と風景画像を用いてナビゲーションを行う。これによって歩行者は道に間違えたのではないかという不安感を解消できる。

本研究では、野外学習参加者の自由な学習を阻害することのないように、遂行中の課題のヒントを提示することによって、暗黙的に人物を誘導し、危険を回避することを狙っている点でこれらの研究とは異なる。

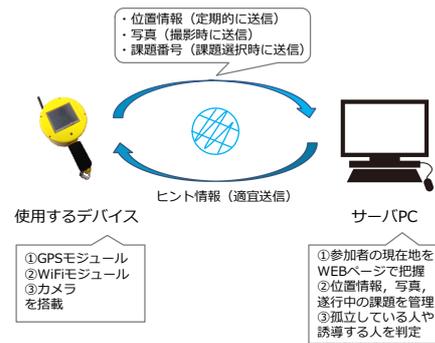


図 1: デバイスとサーバ間の通信と役割



図 2: 課題に対応したヒント画像の例

3. 設計

本システムを運用する野外学習イベントとして、子どもを対象とした宝探しのゲームを設計した。このゲームでは、参加者全員に画面付きデバイスを所持させ、画面に表示された課題を遂行することで自然との触れ合いを提供する。課題は選択式になっており、課題選択を行った時点で、課題番号をサーバへ送信する。具体的な課題内容は、「四葉のクローバー」や「赤い花」などのイベント会場にあるものを探索し、それをデバイスに搭載されているカメラを使って撮影するものである。撮影した写真はサーバに送信し、保存される。その際、システムは安全な野外学習を実現するために、人物を暗黙的に誘導し危険を回避する。危険な状況の例としては、池や沼などの近くにいる状況、課題に夢中になるあまり、集団からはぐれて孤立してしまう状況などが挙げられる。孤立している状況で事故が起きた場合には、周囲に助けを求められず非常に危険である。そこで、人物を暗黙的に誘導することで危険なエリアから遠ざけたり、孤立をなくし、大きな事故を未然に防いだり、緊急事態の素早い対処を可能にする機能を構築する。設計したゲームは、課題に対するヒントの画像をデバイスに提示することで暗黙的な誘導を目指す。ここで、デバイスにはGPS、Wi-Fi、カメラが搭載されており、デバイスはサーバと定期的に通信を行い、位置情報を送信すると同時に、誘導の必要がある場合はサーバからヒント情報を受け取っている。システム構成図を図 7 に示す。

3.1 誘導手法

本システムには、危険なエリアに行かせないような誘導

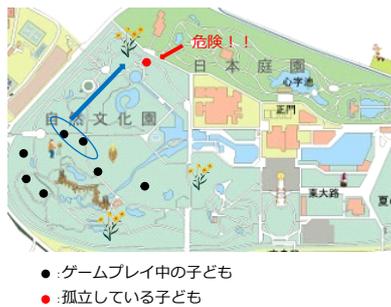


図 3: 想定される危険な状況

機能と孤立を防ぐ誘導機能がある。

3.1.1 危険なエリアにいる人の誘導

誘導のため、ゲームで使用するデバイスに予め危険なエリアのデータを登録しておく。もしデバイスが危険なエリアに入った場合、そのデバイスに現在実行中の課題のヒント画像(図8)を表示することで、本部(デバイスの調整や、ゲーム参加者の現在地を確認するための待機所)などの安全な場所へと誘導し、危険なエリアから遠ざける。

3.1.2 孤立を防ぐための誘導

イベント中に、図9の赤丸の人のように孤立してしまう状況が考えられる。孤立者を誘導しようとヒント画像を表示させても、その人が怪我をしまい身動きが取れず、誘導できない場合がある。また、孤立者が課題に夢中になっている場合、デバイスの画面を見ず、ヒントに気付かない可能性が高い。そこで、孤立した本人を誘導するのではなく、孤立した参加者の周りにはいる誰かを誘導することが有効だと考えられる。具体的には、図9左下にいる人たちの中から青の円で囲った二人のデバイス画面に現在実行している課題のヒントを表示させる。例えば、誘導したい人が「黄色い花を探そう」という課題を実行中の場合、イベント会場内にある黄色い花の中で、孤立者から一番近い黄色い花の位置を図8のヒント画像のように丸枠で囲って表示させる。このようにして、青で囲った二人の人を孤立している赤丸の人の方へ暗黙的に誘導する。システム動作図を図10に示す。以下、システムの動作アルゴリズムの詳細について述べる。

孤立者の判定

各ユーザのデバイスから定期的にサーバに送信される位置情報を元に、サーバで各デバイス間の距離を計算し、あるユーザの一定半径内に他の参加者がいない場合、そのユーザを孤立していると判定する。

誘導する人物の選定

孤立している人物がいたら、その人の方へ誰を誘導するか決定しなければならない。そこで、被誘導者選定のための評価関数を下記の通り定義し、サーバ側で誰を誘導するかを決定する。

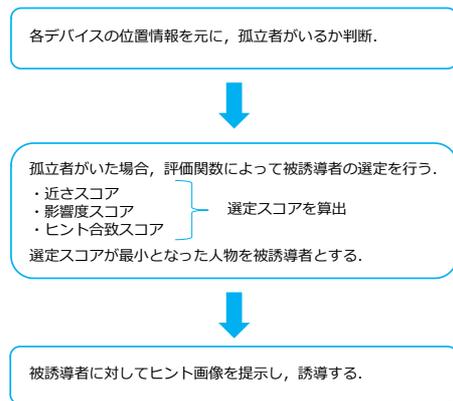


図 4: システム動作フローチャート

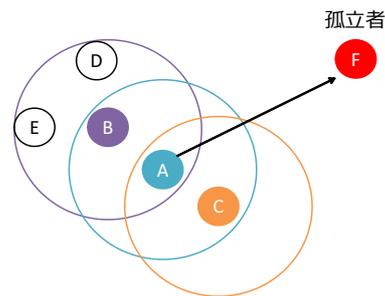


図 5: 誘導によって新たな孤立者が発生する状況

(選定スコア) =

(近さスコア) + (影響度スコア) + (ヒント合致スコア)

- 近さスコア: 被誘導者は、孤立者に近い方がすぐに到着できるため、近くにいる人の方が良い。具体的には孤立者と被誘導者の距離(メートル)で求める。
- 影響度スコア: 図11のような場合、人物Cは周りに人物Aしかいないので、Aを孤立者Fの方へ誘導すると、Cが孤立してしまう。このように、被誘導者を移動させることで新たに孤立者が発生してはいけない。そのため、影響度スコアはその人の周りにはいるそれぞれの人に対して、さらに周りにはいる人を数えて、その人数の中の最小値をnとし、 $1000/(n-1)$ と定義する。図11の場合、Aのnの値は1となる。ここで分母がn-1である理由は、n=1つまり、その人を誘導することで新たに孤立者ができるのを防ぐためである。なおn=1の場合、値が不定となるので、これを防ぐために極端に大きい値を影響度スコアとして代替した。
- ヒント合致スコア: ヒントを出された後に到着する地点が、孤立者に近い方が良い。具体的には被誘導者がヒントで向かう場所と孤立者の現在地との距離(メートル)で求める。

この3つのスコアの和を選定スコアとし、孤立者以外の全員の選定スコアを計算する。その中で、選定スコアが最小となった人を被誘導者として選定し、孤立者の現在地からできるだけ近くの地点へ誘導するヒントを提示する。

孤立している本人を誘導

本研究では、孤立している本人を誘導するのは難しいという前提で設計を行ったが、参加人数に対してイベントエリアが極端に広く、参加者の過半数が孤立状態にある場合など、孤立者を誘導して別の孤立者の元へ誘導したり、集団の元へ誘導する方が効率的な場合も考えられる。また、全ての被誘導者の影響度スコアの計算に用いる n の値が 1 の時、つまり誰を誘導しても新たに孤立者が出てしまうような場合には、被誘導者を誘導することはできないので、孤立者を誘導せざるを得ない。そこで、今回は実験的に孤立した本人を誘導する手法も設計した。孤立者を誰の方へ誘導するかは、以下の評価関数を用いて決定する。

$$(\text{選定スコア}) = (\text{近さスコア}) + (\text{ヒント合致スコア})$$

- 近さスコア: 対象者に近い方がすぐに合流できるため、近くにいる人の方へ誘導するのが良い。具体的には孤立者と対象者との距離(メートル)で求める。
- ヒント合致スコア: ヒントに従って到着する地点のなるべく近くに、対象者がいたほうが良い。具体的には孤立者がヒントで向かう場所と対象者の現在地との距離(メートル)で求める。

以上より算出した選定スコアを、孤立者とその他の全ての参加者において計算し、最小のスコアとなった対象者の方向へ誘導するヒントを孤立者のデバイスに提示する。

3.2 モニタ機能

前述の機能で、自由な学習を阻害せずに、危険な場所に向かう参加者や孤立する参加者を減らすことができるが、暗黙的な誘導では対処できない事例も考えられるため、デバイスから送信された位置情報を元に、サーバで各デバイスの位置を表示したマップを作成し、現在地を随時把握できる仕組みを構築した。

4. 実装

4.1 デバイス

今回の野外学習システムでは、ユーザデバイスとして iPhone や Android などの携帯デバイスを用いたものと、Microsoft 社の小型電子機器の開発環境である「.NET Gadgeteer」[18](図 12)を利用して制作した画面付きのデバイス(図 13(a))を利用したものを実装した。図 13(a)のデバイスには、参加者の位置を計測する GPS モジュール、取得した位置情報や写真データをサーバへ送信する WiFi モジュール、カメラ、誘導に利用するヒント画像などが格納されている SD カードが搭載されている。図 13(a)のデバイスのソフトウェア開発には、Microsoft 社の VisualC#2010 を用いた。また、iPhone や Android などの携帯デバイスを利用してイベントを行うために HTML と Javascript を



図 6: .NET Gadgeteer

(<http://www.netmf.com/gadgeteer/get-started.aspx> より引用)

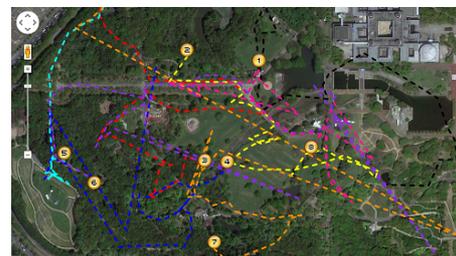


図 8: 参加者の現在地と通過経路 (サーバ側)

用いたユーザデバイス用のウェブアプリケーションを実装した。

4.2 サーバ

被誘導者選定

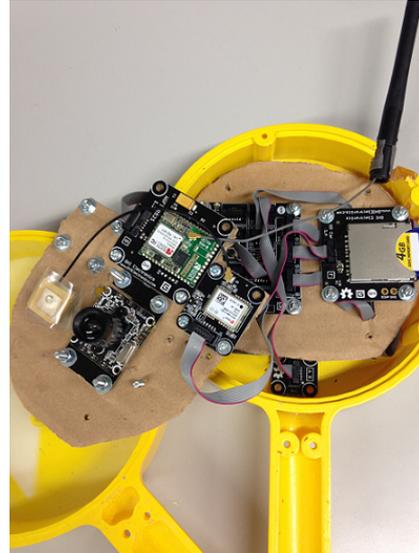
サーバ側では、デバイスから送信された位置情報や課題情報を元にして、孤立者の判定と、被誘導者の選定を行う。位置情報は、それぞれの携帯デバイスから 30 秒に 1 回サーバへ送信し、ID 毎にテキストファイルに記録した。課題情報は、課題選択時にサーバへ送信し、ID 毎にテキストファイルに記録した。サーバプログラムは、10 秒に 1 回孤立者の判定を行い、孤立者が認められた場合には誰をどのヒントを使って誘導するかを決定し、被誘導者の ID に対応したテキストファイルを作成し、提示するヒント番号を書き込む。クライアント側は、定期的に自身の ID に対応した、ヒント番号が書き込まれるテキストファイルを読み込む。ヒント番号が書き込まれていれば、その番号を取得し、それに応じたヒント画像がクライアントのデバイス画面にする。

モニタ機能

前述したモニタ機能では、Google Maps API[19]を利用して、ウェブページで参加者の現在地と通過経路をリアルタイムで把握できる(図 14)。図のように通過経路をデバイス毎に色分けして点線で示し、最新の位置にマーカーを立てる。デバイスから送信された位置情報は、デバイス毎に



(a) デバイス外観



(b) デバイス内部

図 7: 宝探しに使用するデバイス

テキストファイルに記録する。

5. 評価実験

5.1 実験内容

提案手法の内、孤立者を判定し、その周りの人を誘導する手法を評価するため、大阪府吹田市にある万博記念公園 [20] にて、実際に設計した野外学習システムを利用して宝探しのゲームを行った。参加者は 20 代の男女 8 人で、今回は全員 iPhone を利用した。誘導する場合 (以降、誘導あり) と誘導しない場合 (以降、誘導なし) で、30 分ずつゲームを行ってもらった。また、今回の実験では、半径 200m の範囲内に他の参加者がいない場合、その人を孤立者とみなす。宝探しゲームの流れは、まず参加者に今回実装したウェブページ (図 15) にアクセスしてもらい、GPS の値が正常に取得できたことを確認した後、参加者登録をしてもらう。登録時に参加者には個別に ID を割り振り、課題選択画面に移る。参加者は与えられた 3 つの課題の中から好きな課題の一つを選んで探索を開始する (図 16)。課題に合致するものを見つけたら、その写真を撮って、アップロードする。3 つの課題が終了したら、ゲーム終了となる。

5.2 実験結果

実験結果から、被誘導者にヒントを提示した後に孤立者に近づいた割合は 73%、近づいていない割合は 27% となった。近づいたかどうかの判断は、図 17 のように、実験より収集した位置情報から、ID 毎に参加者の通過経路を Google Map 上に描画し、目視で確認した。具体的には、被誘導者にヒントが提示された時の被誘導者の現在地と孤立者の現在地を調べ、その後の被誘導者の経路が孤立者の方へ近づいているかどうかで判断した。図 18 は、実験結

果から、それぞれの参加者が最長で連続何秒間孤立していたかを示している。

5.3 考察

ヒント画像提示による誘導

図 19 のようにヒント画像を提示し、孤立者の方へと誘導した。結果、7 割以上の割合で孤立者の方へと近づいていることがわかり、ヒント提示による誘導はある程度効果があると言える。一方で、ヒントを提示してもそれに従わない参加者もいた。ヒントに従わなかった原因として考えられることを以下に示す。

- 現在地とヒント画像で向かう地点との距離

今回の被誘導者を選定するための評価関数では、被誘導者の周りにいる人の人数、被誘導者と孤立者の距離、ヒントで向かう場所と孤立者の距離の 3 つを考えていたが、被誘導者の現在地とヒントで向かう場所との距離までは考慮していなかった。例えば、図 20 では、ID1 の人が孤立していて ID3 の人を誘導して近づけようとしている。ID3 に対して提示しているヒント画像は現在地からかなり離れており、被誘導者はヒントに従っていないことが分かる。この結果から考えられる原因としては、ヒントで向かう場所があまりにも遠いと、被誘導者は長距離を歩くのがめんどろに感じ、ヒントに従わなかった可能性が考えられる。また、今回のゲームで与えた課題は「赤い実を探そう」など、ゲームのエリア内の特定の場所でなくても見つかると感じるものであったため、参加者はヒントで提示した場所までわざわざ歩かなくても別の場所で見つかると感じた可能性がある。

- 被誘導者の進行方向

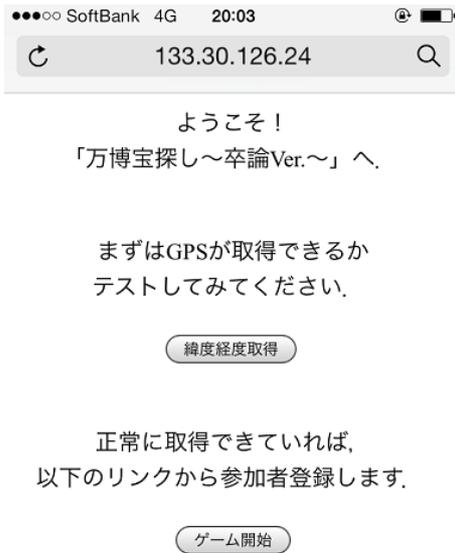


図 9: スタート画面



[課題1『赤い実を探そう』](#)

[課題2『四葉のクローバーを探そう』](#)

[課題3『白い花を探そう』](#)

図 10: 課題選択画面



図 11: 誘導時の被誘導者と孤立者の動き

誘導する際に、被誘導者が現在どの方向に向かって歩いているかを考慮していなかった。図 21 の状況では、ID6 の人に進行方向とは逆向きに向かわせるヒント画像を提示することで ID1 の孤立を防ごうとしている。しかし、ID6 はヒントを無視して進んで行っていることが分かる。来た道を引き返すのがわずらわしく、ヒントに従わなかった可能性が考えられる。この結果か

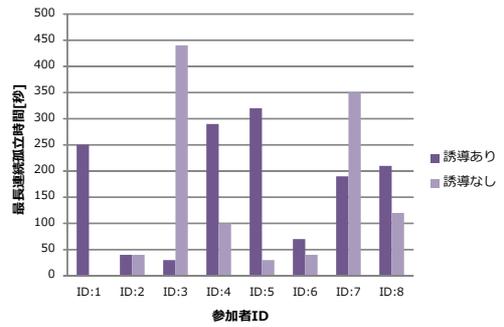


図 12: 最長連続孤立時間



ユーザID :
1

図 13: 誘導するためのヒント画像提示



図 14: 被誘導者を現在地から離れた場所へ誘導



図 15: 進行方向と逆向きに誘導

ら、より確実に誘導を行うためには、ヒント画像を提示する際に被誘導者の進行方向まで考慮する必要があると考えられる。

- 前に提示したヒント画像
ヒントを提示する際に、前にどのようなヒントを提示



図 16: 始めに提示したヒント画像による誘導



図 17: 前に提示したヒントとは逆方向に向かわせる誘導

したかまでは考慮していなかった。図 22 の ID6 のように提示されたヒントに従って歩いている 1 分後に、それまで提示していたヒントで向かう場所とは逆方向へ向かわせるようなヒントを提示したのが、図 23 である。このような場合、そのまま前に提示されたヒントに従って進行し、新たに提示されたヒントを無視していることが分かる。原因としては、あっちこちに行くのではなく一つの目的地に絞りたかったり、戻り道をしたくないという理由が考えられる。この結果から、前回提示したヒントで向かう場所と新たに提示するヒントで向かう場所が同一方向であることを考慮してヒント提示を行うことで、ヒントが無視されるのを防げる可能性がある。

孤立時間変化

図 18 には実験中に最大何秒間継続して孤立していたかを ID 毎に示している。なお、誘導ありの場合となしの場合で同じ人が同じ ID を持つのではない。この図から突出して長時間孤立している人は誘導なしの ID3 や ID7 の人が目立つ。しかし一方で、誘導ありの場合にも 200 秒以上孤立している人が多く見られる。当初は誘導を行うことによって、連続して孤立し続けるのを防げると予想していたが、誘導を行わなかった場合と比較して明らかな差は見られなかった。このような結果になった原因として、前述したヒントに従わなかった被誘導者がいたことに加えて、誘導後の孤立者の動きを考慮せず誘導を行ったことが考えられる。ヒントを提示して、被誘導者が孤立者の近くへ向かっている最中に、孤立者がそのヒントで向かう場所から遠ざ

かっていってしまった場合、被誘導者まで孤立してしまう可能性がある。これを防ぐために、誘導後の孤立者の動きを考慮し、それに応じてヒントを提示するべきであった。

ゲームエリアにおける参加者の密度

今回の実験では、自分の半径 200m 以内に他の参加者がいない場合、孤立しているとみなしていた。しかし、閾値を 200m に設定した場合、孤立していると見なされる人が頻発したため、参加者にヒント画像が提示される回数が多くなり、その重要性が薄れた可能性がある。今回の実験のように広いゲームエリアに対して参加者が少ないと孤立者が多発するため、参加者を増やす、あるいはゲームエリアを狭めるなどの措置が必要であったと考えられる。

6. まとめ

本研究では、人物を暗黙的に誘導することによって、安全を確保する野外学習システムを設計し実装した。本稿では、イベント参加者の遂行している課題に対するヒントを提示することで、危険な状況を避けたり、孤立した参加者が出ないように誘導する手法を提案した。さらに、孤立者の周りの人を誘導して孤立者をなくす提案手法を評価する実験を行い、被誘導者が孤立者に近づいたかどうかや、誘導を行った場合と行わなかった場合で、連続して孤立し続けている時間がどのように変化するかを比較し、提案手法の効果について検討した。結果、ヒントを提示することで暗黙的な誘導ができる可能性を確認したが、被誘導者の選定や提示するヒントの選定などに改良の余地があることが分かった。

今後は、孤立者本人の誘導や危険なエリアから遠ざける誘導システムを実験、評価し、効果を調べる。また、実験から明らかになった誘導システムの問題点を解決するために、被誘導者の現在地とヒント画像で向かう地点との距離、被誘導者の進行方向、被誘導者に対して前に提示したヒント画像を考慮することによって、より確実に誘導を行えるシステムを構築する予定である。

謝辞

本研究の一部は、科学技術振興機構さきがけの支援によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 星野敏男: 野外教育の定義とその考え方について, 人文科学論集, Vol. 37-38, pp. 17-24 (Mar. 1991).
- [2] スポーツ振興法, <http://www.houko.com/>.
- [3] 文部科学省, <http://www.mext.go.jp/>.
- [4] 隅田 学, 熊谷隆至, 菊池博明, 高橋 進, 小池達士: 中国と日本の中学生における環境問題に対する意識, 愛知大学教育学部紀要, Vol. 50, pp. 101-108 (2003).
- [5] 吉永真理, 横山明子, 木下 勇: まちでの遊びが子どもの生活リズムや心身健康状態に及ぼす影響に関する研究, 学校保健研究, Vol. 51, pp. 183-192 (2009).

- [6] 鶴山博之, 橋爪和夫, 中野 綾: 子どもの遊びの実態に関する研究, 国際教養学部紀要, Vol. 4, pp. 133-137 (2008).
- [7] 阿部光敏, 長谷川直人, 木庭啓介, 守屋和幸, 酒井徹朗: GPS・PDAによる自然観察のための資料提示システム, 日本教育工学論文誌, Vol. 28, No. 1, pp. 39-47 (June 2004).
- [8] 荻野哲男, 鈴木真理子, 楠 房子, 鳩野逸生: 野外活動におけるGPS携帯電話を用いた学習内容提示システム, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 107, No. 536, pp. 25-30 (Mar. 2008).
- [9] D. Kohen-Vacs, M. Ronen, and S. Cohen: Mobile Treasure Hunt Games for Outdoor Learning, *Bulletin of the IEEE Technical Committee on Learning Technology*, Vol. 14, No. 4 (Oct. 2012).
- [10] 鶴川義弘, 斎藤有季, 村松 隆, 溝田浩二: 屋外教材提示システムの開発, 宮城教育大学環境教育研究紀要, Vol. 13, pp. 7-12 (2011).
- [11] 宮前雅一, 岸野泰恵, 寺田 努, 塚本昌彦, 平岡圭介, 福田登仁, 西尾章治郎: ウェアラブルコンピュータを用いた万博記念公園ナビゲーションシステムの設計と実装について, 情報処理学会研究報告(モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会 2004-MBL-30), Vol. 2004, No. 95, pp. 1-8 (Sep. 2004).
- [12] 武内保憲: 高精度位置検知システムを適用した子ども見守りシステムの開発, 電子情報通信学会技術研究報告(ユビキタス・センサネットワーク), Vol. 108, No. 399, pp. 145-148 (Jan. 2009).
- [13] 日比野愛子, 加藤謙介, 伊藤京子: ICタグによる「子ども見守り」システム, ジャーナル「集団力学」, Vol. 24, pp. 60-79 (2007).
- [14] 片山拓也, 村尾和哉, 田中宏平, 寺田 努, 西尾章治郎: 装着型センサを用いた経路推薦機構を持つナビゲーションシステムの構築, 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 9, pp. 2350-2359 (Sep. 2009).
- [15] 丸山敦史, 柴田直樹, 村田佳洋, 安本慶一, 伊藤 実: P-Tour: 観光スケジュール作成支援とスケジュールに沿った経路案内を行うパーソナルナビゲーションシステム, 情報処理学会論文誌, Vol. 45, No. 12, pp. 2678-2687 (Dec. 2004).
- [16] R. Tenmoku, Y. Nakazato, A. Anabuki, M. Kanbara, and N. Yokoya: Nara Palace Site Navigator: Device-Independent Human Navigation Using a Networked Shared Database, *In Proc. 10th Int Conf. on Virtual Systems and Multimedia*, pp. 1234-1242 (Oct. 2004).
- [17] 福井良太郎, 白川 洋, 歌川由香, 重野 寛, 岡田謙一, 松下 温: 携帯電話における歩行者ナビゲーション情報の表示方式に関する提案と評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 12, pp. 2968-2977 (Dec. 2003).
- [18] .NET Gadgeteer, <http://www.netmf.com/gadgeteer/>.
- [19] Google Maps API, <https://developers.google.com/maps/?hl=ja/>.
- [20] 万博記念公園, <http://park.expo70.or.jp/>.