

Secret Sign : 目的対象物発見のための秘匿性の高いインタラクション手法

森田 弘美^{1,a)} 石黒 祥生^{2,b)} 西野 隆典^{3,c)} 武田 一哉^{2,d)}

概要 : 同一,あるいは類似形状の複数の対象物体の中から任意の対象物体を,探している本人のみが発見でき,かつ手軽に利用できるようなインタラクション手法を提案する.対象物が複数ある場合に,その中から任意の対象物を手がかりなしに特定することは難しく,従来は記名や色などから対象物を特定可能であったが,第三者にも容易に特定が可能な場合,悪用されてしまう可能性がある.そこで,利用者の操作に連動して反応する装置をランダムに反応する装置の中に紛れ込ませる手法を提案する.これにより,利用者のみが目的対象物を発見できることを画面上及び実環境にて検証した.実験結果より,本提案手法を用いることで,利用者は第三者よりも早く目的対象物を発見可能であることがわかった.

Secret Sign: Target Object Discovery Method with High Secrecy

HIROMI MORITA^{1,a)} YOSHIO ISHIGURO^{2,b)} TAKANORI NISHINO^{3,c)} KAZUYA TAKEDA^{2,d)}

Abstract: In this paper, we propose an interaction method which enables us to discover arbitrary target objects from multiple objects of the same or similar shape for only the user, and to use it easily. In the case where there is a plurality of objects, it is difficult to search arbitrary objects without any clues from them, and conventionally it is possible to identify their target object from clues such as the name or color. On the other hand, if it is possible for others to easily identify, there is a possibility that it may be abused. Therefore, We propose a method to make a device reacting in response to a user's operation into devices that reacts randomly. By doing this, We verified that only the user can discover the target object on the screen and in the real environment. Based on the experimental results, by using this proposed method, users found that the target object can be discovered by user faster than others.

1. はじめに

本研究では,複数の物体の中から任意の対象物体を,探している本人のみが発見できる手法を提案する.

同一,あるいは類似形状の対象物が複数ある場合,その中から任意の対象物を手がかりなしに特定することは難し

い.例えば,日常生活において,駐車場で色や似た形状の車が複数ある場合には色やナンバープレートなどを手がかりにしたり,ホームパーティーなどで紙コップを使う場合には混同を防ぐために記名したりすることで,自身の目的とする対象物を特定することができる.これらの手段は事前情報や事前準備が必要であるが,手軽に利用することができる.

一方で,本人だけでなく第三者にも容易に特定が可能となる手段を用いることで問題が発生する場合がある.例えば,リモコンキーで車の解錠操作を行う場合,解錠操作に反応して方向指示灯が点滅することで自車の場所がわかるが,同時に第三者にもその場所がわかってしまう.その第三者に悪意がある場合,利用者に先立って車両に接近し,利用者が車に乗ったと同時に押し込み,監禁,強盗を行う

¹ 名古屋大学 工学部
School of Engineering, Nagoya University, Furo-cho,
Chikusa-ku, Nagoya, Aichi 464-8603, Japan

² 名古屋大学 未来社会創造機構
Innovation for Future Society, Nagoya University

³ 名城大学 都市情報学部
Faculty of Urban Science, Meijo University

a) morita.hiromi@g.sp.m.is.nagoya-u.ac.jp

b) ishiy@acm.org

c) nishino@meijo-u.ac.jp

d) kazuya.takeda@nagoya-u.jp

ことが可能となる。第三者に知られることなく、利用者のみが目的とする対象物を発見できる手法を利用することができれば、このような問題を解決することができる。

そこで本研究では、

- (1) 目的対象物を発見することができる
- (2) 従来のリモコンキーのように手軽に利用できる
- (3) 第三者には対象物を発見することができない

という3点を考慮したインタラクション手法を提案する。

本論文では、2章で上記のようなインタラクション手法の設計概要を述べる。3章では画面上にて実験を行い、4章では実環境にて実験を行う。5章では本システムの応用例について述べ、6章ではインタラクティブ発表概要を述べる。

2. “Secret Sign”

マウスを利用した GUI 環境下において、複数のダミーカーソルが表示されている中から自身の操作するカーソルを発見することができることが知られている [1]。実験により、マウスを動かすだけで自身のマウス操作に対応した動きをするカーソルを特定できること、また第三者には対象のカーソルが特定困難だということが示されている。本提案手法では、対象物の動きではなく光の点灯のみを手がかりに、利用者が複数の対象物の中から目的対象物を発見でき、第三者には発見できないような手法を設計する。

本手法を利用する際には、対象物にライトをつける。このとき、利用者の目的対象物につけたライトは、利用者のリモコンの操作と連動して点灯する。同時に、その他の対象物につけたライトは、ランダムなタイミングで点灯する。よって、操作の情報は利用者とその目的対象物しか知り得ない。つまり、第三者には利用者が目的対象物を探していることしかわからず、利用者の目的とする対象物を特定することはできないはずである。しかし、利用者が長時間操作をしていると、点灯具合によって第三者に目的対象物を特定されてしまう可能性があるため、利用者が目的対象物を発見した後は、他のライトに紛れてランダムに点灯させられるような仕様にする。

上記に基づき、画面上及び実環境において実験環境を構築し、利用者のみが目的対象物を発見できることを検証する。

3. 実験 1：スクリーン上における対象物発見

本節では、実環境で実験を行う前に、スクリーン上の仮想環境にて実験を行い、複数の同じ形の対象物の中から、操作と連動した色の变化だけで利用者は目的対象物を発見できるのか、また、利用者の目的対象物を第三者は発見できないのかを検証する。また、操作のタイミング以外の情報を利用することができる場合の影響について検討するため、操作のタイミングのみでなく、色情報も操作すること

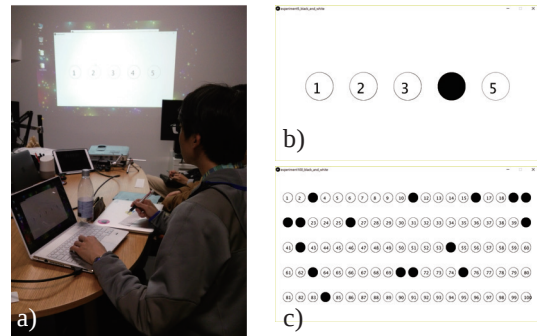


図 1 実験 1 の構成。a) 実験風景。b) 円の数が 5 個の場合の画面表示例。c) 円の数が 100 個の場合の画面表示例。

ができる場合についても併せて検証する。なお以降の実験では、システムの利用者を操作者、第三者を観察者とする。

3.1 実験条件

実験構成を図 1 に示す。スクリーン上に複数の円と固有の番号を表示し、内 1 つがキーボードの操作と連動して色が変化する。その他の円は、操作と無関係のランダムなタイミング（最大 1 秒の連続点灯）で色が変化する。タイミングのみを操作する場合は、キーを押していないときは白色、キーを押しているときは黒色に変化する。タイミングと色情報を操作する場合は、キーを押していないときは白色、R、G、B それぞれのキーを押しているときはそれぞれ赤色、緑色、青色に変化する。操作者・観察者ともに目的対象物となる円の番号がわからない状態で実験を開始し、同一のスクリーンを観察しながら、目的対象物となる円を探索する。また、観察者は、操作者の手元を見ずに探索する。

実験は、色情報の操作を行うかどうかに関わらず、スクリーン上に表示される円の数が 5、10、50、100、500、1000 個の 6 通りで行う。タイミングのみを操作する場合は各 8 回、タイミングと色情報を操作する場合は、円の数が 5、10、50、100 個の場合には各 8 回、500、1000 個の場合には各 6 回行う。スクリーンに表示する円の数に合わせて、円の直径や数字の大きさは変更する。実験参加者は全部で 10 名（男性 7 名、女性 3 名）であり、各試行で、1 名を操作者、4 名を観察者とする。

実験は以下の手続きに従って行う。

- (1) 実験開始後、操作者はキーを操作し、キーを押しているタイミングと色の变化が連動している円（目的対象物）を探す。同時に、観察者は画面の変化から、操作者の対象となっていると思われる円を探す。
- (2) 操作者・観察者ともに、目的対象物を発見できたと考えた場合に、円上に表示されている番号と発見するまでにかかった時間を用紙に記録する。発見するまでにかかった時間は、被験者が別画面に表示されているス

表 1 実験 1：タイミングのみを操作する場合の実験結果

円の数	5	10	50	100	500	1000
操作者正答率 [%]	100	100	100	100	100	75
操作者発見不可率 [%]	0	0	0	0	0	25
観察者正答率 [%]	38	22	16	6	3	9
観察者誤答率 [%]	56	59	38	53	22	9
観察者発見不可率 [%]	6	19	47	41	75	81
操作者平均発見時間 [s]	6.5	6.4	6.4	8.4	25.5	25.3
観察者平均発見時間 [s]	30.1	31.7	39.6	46.0	57.0	50.8
秘匿失敗回数	0	0	0	0	0	1

表 2 実験 1：タイミングと色情報を操作する場合の実験結果

円の数	5	10	50	100	500	1000
操作者正答率 [%]	100	100	100	100	100	67
操作者発見不可率 [%]	0	0	0	0	0	33
観察者正答率 [%]	56	41	31	16	13	8
観察者誤答率 [%]	38	56	34	41	13	8
観察者発見不可率 [%]	6	3	34	44	75	83
操作者平均発見時間 [s]	2.4	3.1	4.5	9.8	26.3	34.5
観察者平均発見時間 [s]	23.3	32.1	30.7	33.3	26.8	22.5
秘匿失敗回数	0	0	0	0	1	1

トップウォッチを確認し記録する。

- (3) 操作者が目的対象物を発見した後は、ランダムに色に変化する他の円に紛れるようにキーを操作する。
- (4) 各試行は 60 秒間のみ行い、60 秒以内に目的対象物を発見できなかった場合には、その旨を用紙に記録する。
- 実験システムは、Processing3[2] を用いて実装した。

3.2 実験結果

得られた結果を表 1、表 2 に示す。“操作者平均発見時間”及び“観察者平均発見時間”は、正しく目的対象物を発見できた場合のみの数値を用いて計算した。“秘匿失敗回数”は、観察者が操作者よりも早く目的対象物を発見してしまった試行の回数である。なお、操作者が目的対象物を発見できないことはあったが、見誤ることはなかった。また、円の数と操作者及び観察者の正答率の関係を図 2 に、円の数と操作者及び観察者の平均発見時間の関係を図 3 にそれぞれ示す。

3.3 考察

図 2 より、円の数が増加してもほとんどの場合操作者は目的対象物を発見することができるが、円の数が増加するに連れて観察者正答率は下がっていることが読み取れる。また、観察者の正答率は、タイミングと色情報を操作する場合の方が、タイミングのみを操作する場合より高い傾向にある。このことから、対象物の数が多く色情報の操作がない方が、観察者は操作者の目的対象物を発見することは困難になると考えられる。

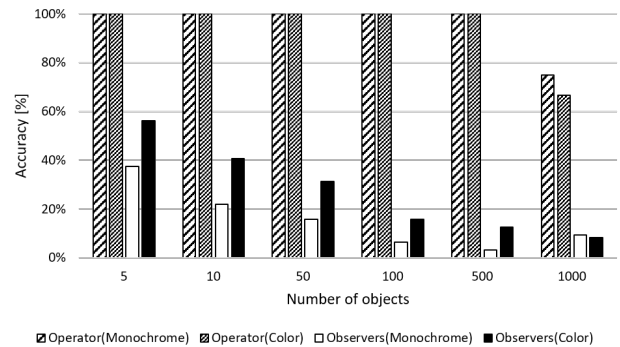


図 2 実験 1：円の数と操作者及び観察者の正答率の関係

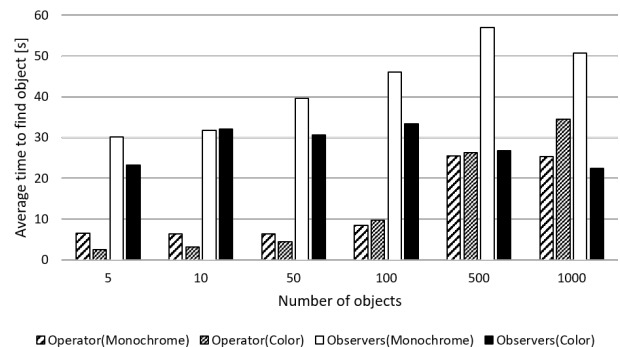


図 3 実験 1：円の数と操作者及び観察者の平均発見時間の関係

図 3 より、円の数が増加してもほとんど変わらない一方で、観察者の平均発見時間がより増加していくことが読み取れる。また、円の数が増加すると、操作者・観察者ともに平均発見時間が増加する傾向が見られ、一部の試行において観察者が操作者よりも早く目的対象物を発見することがあった。実験の様子を観察すると、円の数が増加すると操作者が目的対象物を発見することが困難となり、目的対象物を発見するために高速に色を切り替えるなどの特徴のある操作を行う傾向にあった。この場合、操作者は発見しやすくなるが、観察者からも発見されやすくなってしまふ。そのため、観察者の正答率自体が低い一方で、観察者が操作者の目的対象物を発見できた場合には操作者に近い発見時間となったと考えられる。表示する円の数が増加すると操作者の平均発見時間がおおよそ 17 秒増加していることも合わせると、スクリーン上で操作者が目的対象物を発見するのに最適な対象物の個数の上限は 100 から 500 個程度だと考えられる。

操作者は観察者よりも早く目的対象物を発見できるため、操作者が目的対象物を発見した後に他の円に紛れてランダムに色に変化するように設定すれば、観察者から発見されることはほぼなくなると考えられる。また、今回の実験で見られた、操作者が目的対象物を発見するための一部の特徴的な操作を目的対象物以外の円のランダムな色の変化に実装することで、円の数が増加した場合にも観察者に

発見されることなく操作者が発見することができるようになると考えられる。

また、本節の実験ではシステムの実装の関係上、操作者と観察者の距離が近かったため、操作者の動きや操作者がキーを押す音から、観察者が操作者の目的対象物を発見しやすい状況になってしまった可能性がある。操作者と観察者がそれぞれスクリーンから同じ距離にいる方が視界に占める割合が等しくなることも考慮し、操作者と観察者の配置を検討する必要がある。実際、観察者からは、特徴的な操作で発見できた、勘で回答した以外にも、手元が見えた、操作音が聞こえた、操作者の動きから発見できたなどのコメントが得られた。

4. 実験2：実環境における対象物発見

本節では、3章における実験1の結果を踏まえて実環境にて実験を行い、複数の同じ形の対象物の中から、操作と連動したライトの点灯だけで操作者は目的対象物を発見できるのか、また、操作者の目的対象物を観察者は発見できないのかを検証する。なお、前節の実験結果から、色情報の操作の有無の影響は少ないと判断し、本節では点灯のタイミングのみを操作する。

4.1 実験条件

実験構成を図4に示す。ライトをつけたコップを複数個用意し、内1つのライトがリモコンと連動して点灯する。その他のライトは操作と無関係のランダムなタイミング（最大3秒の連続点灯）で点灯する。コップにはあらかじめそれぞれ番号を割り当てる。操作者はスイッチ1とスイッチ2がついたりモコンを持ち、操作する。スイッチ1とスイッチ2は、以下のように設定する。

- スイッチ1：はじめに押すと、すべての対象物についているライトが点灯する。その後、押している間は、目的対象物となるコップについているライトのみが同じタイミングで点灯し続ける。
- スイッチ2：押した後、目的対象物となるコップについているライトがランダムに点灯し始め、60秒経過後、すべてのライトが消灯する。

実験1の考察を踏まえ、操作者が目的対象物を発見できた時点で他の対象物に紛れてランダムに点灯できるような仕様にした。操作者・観察者ともに目的対象物となるコップの番号がわからない状態で実験を開始し、目的対象物となるコップを探索する。また、観察者は、操作者の手元を見ずに探索する。このとき、操作者がスイッチを押す音が聞こえることを防止するため、観察者はヘッドホンを装着する。

実験に利用するコップの数は5個又は10個の2通りを用意し、それぞれコップの間隔が狭いか広いかの2通りを比較する。各条件について3回試行を繰り返したため、合

表3 実験2：実験結果

対象物の数	5	5	10	10
対象物の間隔	狭い	広い	狭い	広い
操作者正答率 [%]	100	100	100	100
操作者発見不可率 [%]	0	0	0	0
観察者正答率 [%]	21	21	15	6
観察者誤答率 [%]	50	54	54	65
観察者発見不可率 [%]	29	25	31	29
操作者平均発見時間 [s]	4.4	5.0	6.7	7.7
観察者平均発見時間 [s]	12.1	14.4	12.7	11.3
秘匿失敗回数	3	1	2	1

計12回試行を行う。実験参加者は全部で10名（男性9名、女性1名/実験1にも参加したのは7名）であり、各試行で、1名を操作者、4名を観察者とする。

実験は以下の手続きに従って行う。

- (1) 操作者がスイッチ1を押すのと同時に実験者がストップウォッチをスタートし、実験を開始する。
 - (2) 操作者はスイッチ1を何度か押し、同じタイミングで点灯するライトがついたコップ（目的対象物）を探す。同時に、観察者はライトの様子から、操作者の目的対象となっていると思われるコップを探す。
 - (3) 操作者・観察者ともに、目的対象物を発見できたと考えた場合に、コップに与えられている番号と発見するまでにかかった時間を用紙に記録する。発見するまでにかかった時間は、被験者が画面に表示されているストップウォッチを確認し記録する。
 - (4) 操作者は、目的対象物を発見した後スイッチ2を押し、ランダムに色が変化する他のライトに紛れさせる。スイッチ2を押した後は、スイッチ1と連動して目的対象物のライトが点灯することがなくなる。
 - (5) 各試行は60秒間のみ行い、60秒以内に目的対象物を発見できなかった場合には、その旨を用紙に記録する。
- 実験システムは、Arduinoを用いて実装した。

4.2 実験結果

得られた結果を表3に示す。実験1と同様に、“操作者平均発見時間”及び“観察者平均発見時間”は、正しく目的対象物を発見できた場合のみの数値を用いて計算した。“秘匿失敗回数”は、観察者が操作者よりも早く目的対象物を発見してしまった試行の回数である。なお、操作者が目的対象物を正しく発見できないことはなかった。また、対象物の数・間隔と操作者及び観察者の正答率の関係を図5に、対象物の数・間隔と操作者及び観察者の平均発見時間の関係を図6にそれぞれ示す。

4.3 考察

図5より、対象物の数が5個から10個に増加しても操作者は目的対象物を発見することができるが、対象物の数が

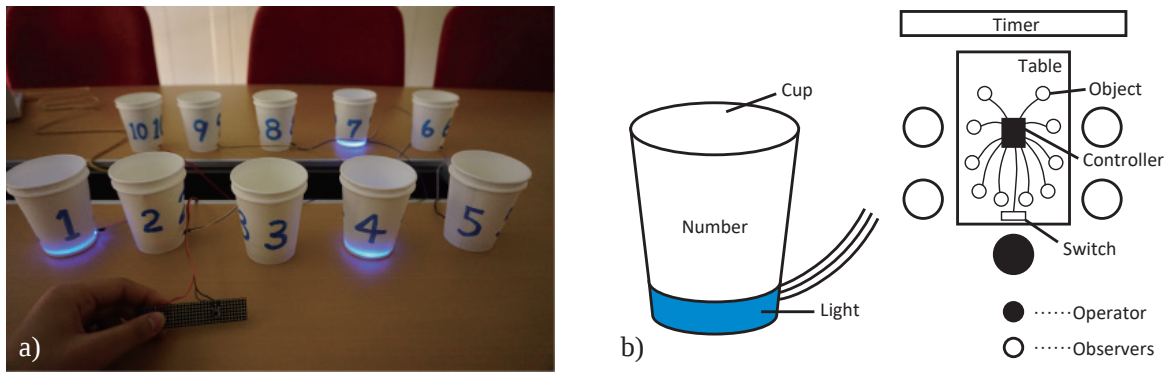


図 4 実験 2 の構成. a) 実験に用いるシステム. b) 用いるコップの概要図と実験時の配置.

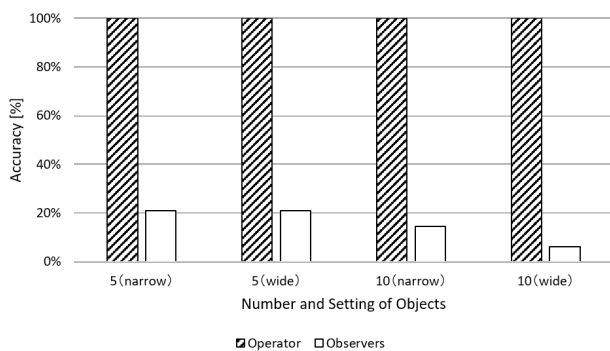


図 5 実験 2：対象物の数・間隔と操作者及び観察者の正答率の関係

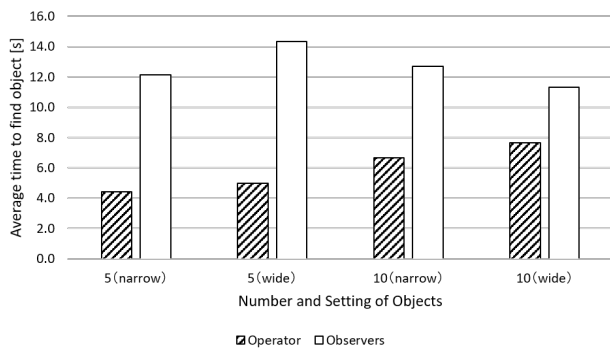


図 6 実験 2：対象物の数・間隔と操作者及び観察者の平均発見時間の関係

5 個から 10 個に増加すると観察者正答率は下がっていることが読み取れる。特に、対象物 10 個の間隔が広いときの観察者正答率が最も低いことが読み取れる。対象物の間隔が広いときの方が、操作者が対象物を発見する前に観察者が発見する回数は少ない傾向が見られたことも考えると、本システムの利用は、対象物の数がある程度多く、対象物の間隔が広い場合の方がより有効であると考えられる。また、対象物が 5 個の場合、観察者正答率が 21 %と比較的高い値を示しているが、ランダムに回答しても 20 %の確率で正解できる。実際、観察者から勘で当てたというコメントも多く得られている。

図 6 より、対象物の数に関係なく、対象物の間隔が広いときの方が、操作者が目的対象物を発見するまでにかかる時間は長くなることが読み取れる。また、対象物の数が 5 個から 10 個に増加したときに、操作者平均発見時間が顕著に長くはなっていないため、実環境で操作者が目的対象物を発見するのに最適な対象物の個数の上限を調査する必要があると考える。また、観察者平均発見時間は、対象物の数及び間隔の違いであり変化が見られなかった。まだデータ数が少ないため、この点については実験を繰り返していく必要があると考えている。

また、観察者からは、点灯の仕方がランダムとは異なるのではないかと、というコメントも得られた。本来手元の操作が見えない場合、観察者には目的対象物を特定する手掛かりがないはずであるが、わずかな点灯の仕方の違いや操作音、操作者の動きなどから特定することができた場面も存在したと考えられる。このことから、目的対象物以外の対象物の点灯の仕方をランダムにするだけでなく、人が操作したような点灯の仕方をさせるなど目的対象物以外の対象物の点灯方法を工夫することで、観察者により発見されにくいシステムになると考えられる。

5. 応用例

1 章で述べたように、日常生活において従来は、駐車場で色や似た形状の車が複数ある場合には色やナンバープレートなどを手がかりにしたり、ホームパーティーなどで紙コップを使う場合には記名したりすることで、自身の目的とする対象物を特定していた。そこで、“Secret Sign”を用いることで、第三者に知られることなく、利用者のみが目的とする対象物を発見できると期待する。また、第三者に自身の目的対象物がどれなのかを知られずに目的とする対象物を発見できると良い対象物の他の例としては、銭湯や大浴場のロッカー、旅館のスリッパ、駅などに設置されているコインロッカーなどが挙げられる。

6. インタラクティブ発表概要

インタラクション 2018 でのインタラクティブ発表では、参加者に“Secret Sign”を用いて対象物を発見することを体験してもらう。実際にライトや通信機能を組み込んだコップ型などのいくつかの対象物を用意し、その中の1つのライトがスイッチによって連動して点灯するデモを行う。

実際に参加者にスイッチを操作してもらい、“自分はすぐに発見できるが、他の参加者が発見できない”という様子を体感できるデモを行う。

7. おわりに

本論文では、複数の物体の中から任意の対象物体を、探している本人のみが発見でき、第三者には特定することが困難である、という新しいインタラクション手法を提案した。ランダムに点灯するライトの中に利用者の操作に連動するライトを紛れ込ませるというシンプルな方法でありながら、実験の結果、本人（操作者）は画面上の50個程度の対象では、その中から5秒以下で対象を見つけ出すことができた。また、操作者以外は発見に30秒以上かかるなど、操作者よりも早く発見することはできなかった。更に、実環境においてコップを利用した実験でも操作者は数秒という短時間で発見でき、またほとんどの場合において操作者のみが発見できた。点灯方法や操作方法など改良の余地はあるが、提案手法を用いることで、手軽で、かつ第三者にわからない方法で対象物を発見できるということが確認できた。このように、類似形状の物体の中から目的の対象を探すという行為は、カーシェアリングや自転車のシェアリングなど、今後増えていくシェアリングサービスなどで活用できるのではないかと考える。

今後は実際に車両などのより広い空間や、複数人が同時に操作を行う場合などについて評価を行う予定である。

参考文献

- [1] 渡邊 恵太, 樋口 文人, 稲見 昌彦, 五十嵐 健夫: “複数ダミーカーソル中における 自分自身のカーソル特定,” IPSJ Interaction2013, 2013-Interaction(13INT004), pp. 25-31, Feb. 2013.
- [2] “Processing,”. 入手先 (<https://processing.org/>), accessed Nov. 27, 2017.