



## PCSD: 外出を快適に演出する Drone の開発

田辺 聡<sup>\*1</sup> 香川 莉穂<sup>\*1</sup> 保科 篤志<sup>\*1</sup> 菅谷 みどり<sup>\*1</sup>

### PCSD: Development of Drone Directing Comfort when Outing

Satoshi Tanabe<sup>\*1</sup>, Riho Kagawa<sup>\*1</sup>, Atsushi Hoshina<sup>\*1</sup> and Midori Sugaya<sup>\*1</sup>

**Abstract** – There are many types of elements which makes pedestrians uncomfortable, such as weather. This paper proposes a system which supports pedestrians to go outside comfortably, in spite of these elements as PCSD (Pedestrian Comfortable Supporting Drone). A prototype of the system uses AR marker to track an user, and brainwaves are obtained to measure user's comfortability. When the system suggests that user's feeling uncomfortable, LED attached on the Drone lit up, and color and brightness of the LED changes depending on the value of brainwave obtained. We carried out preliminary experiment to measure brainwave in several conditions. Result of the experiment didn't show valuable result. Discussing the result, we suggest to use heartbeat, which is rather used to measure comfortability.

**Keywords:** drone, comfortability, pedestrian, AR marker, brainwave

#### 1. はじめに

近年日本では、人々の外出時の歩行を支援する研究及びシステムが数多く存在する<sup>[1]</sup>。その多くは、国の急速な少子高齢化社会への進展に伴って需要が見込まれている高齢者や障害者を対象としており、日常生活に支障が出る程度の歩行能力の補助を目的としたものが大半である。しかし、健常者の生活においても、外出時に不便さや不快さを感じる場面、また解決すべき問題は多々ある。例えば東京消防庁は、歩きながらのスマートフォン操作等が原因で起こった事故による救急搬送人員が平成22年から26年までの5年間で152人に上ったと発表している<sup>[2]</sup>。インターネット調査会社マイボイスコムのアナリシス結果によれば、歩きながらのスマートフォン操作を行う人のうち44.8%が地図、GPS機能を利用していると回答した<sup>[3]</sup>。これらは現在位置を確認しながら移動できるという特性上、外出時特有の危険行為と言える。また、横断歩道の信号待ちも不快の要因になる。年齢を問わず、人は横断歩道の距離に関係なく待ち時間が長いほど苛立ちを感じる事がわかっている<sup>[4]</sup>。横断歩道が短いほど歩行者の信号無視が増える傾向にあり<sup>[5]</sup>、信号待ちの苛立ちは事故の原因にもなっていると考えられる。

外出時の不快要素でもっとも身近なものは天候の変化である。特に雨天時は心理学的にも人々が憂鬱になる傾向があることで知られている<sup>[6]</sup>。さらに、雨天時に不便な点として、出先で傘を持っていないときに突然雨が降ってくるという状況が多々ある。日本における傘の大量消費も問題視されていることから、レンタル傘のサービスが行われている地域もあるが、あまり一般的ではない。しかし日本建築学会のレンタル傘に対する意識調査<sup>[7]</sup>に

よれば、年代を問わずレンタル傘のサービスを利用したいという回答が圧倒的に多かった。このように、健常者における外出時の不便・不快要因は多数存在し、それを解決するための試みも多く行われている。

#### 2. 課題

人々が外出を行う際の不快感を募らせる外的要因のひとつである天候の問題を解決するためのシステムとして、傘を搭載した Drone の開発が行なわれている<sup>[8]</sup>。この Drone は、スマートフォンを用いて操作を行い、将来的にはイベント会場などで運用することを想定している。また、Drone は将来的にユーザの頭上を自動的に追従する予定であると説明がなされている。しかしこのシステムは Drone 単体での運用となり、個人で所持するなどイベント会場以外で運用する際のコストの高さが問題となる。そこで、我々はレンタル傘に一定の需要があることを踏まえ、この Drone のシステムをレンタルサービスとして一般ユーザに提供することにコスト削減や外出時の利便性の向上などの利点があるのではないかと考えた。

レンタルサービスとして Drone を提供する場合の課題のひとつに、快適性の問題がある。前述したように、外出時に降る雨は、不快感を募らせやすいことが示されている<sup>[6]</sup>。この不快感を取り除くことができれば、歩行者の天候不良時の快適性向上が期待できる。

また、もう一つの課題として、本サービスはその性質から、多くの人が利用することを考える必要がある。この場合の課題として、複数の Drone の効率的な管理方法を検討することが必要となる。複数の Drone を効率的に管理するためには、指示系統を統一し、サーバを用いて処理することが考えられる。しかし、サーバのみで Drone を一括管理すると、サーバのみに負荷がかかる。またサーバが何かの要因で停止した場合、サービスそのものを提供できなくなる。

\*1: 芝浦工業大学

\*1: Shibaura Institute of Technology

このように、本提案をサービスとして提供するために、これらの課題を解決できる手法が必要となる。

### 3. PCSD(Pedestrian Comfortable Supporting Drone)

第1節に述べたように、外出時にはストレスを感じる様々な要因が存在する。そこで本研究では、雨天時に快適な外出を支援するサービス、PCSD(Pedestrian Comfortable Supporting Drone)を提案する。PCSDは、演出機能付き Drone が利用者の快適な歩行を支援するサービスである。システム運用モデルを図1に示す。PCSDは分散システムサービスにすることで、Web やスマートフォンのアプリケーションを通じて利用手続きを行う(1)ことができる。手続きが完了すると、各地に存在する Drone プールのうち利用者から一番近いプールをサーバが選択(2)し、Drone が利用者の元へ移動する(3)。そして、地図の表示や傘をさす(4)などして利用者の歩行を支援したのち、元のプールに戻るサービスである。

私たちはプロトタイプとして、天候による不快感を緩和させる機能の実装を行う。サーバから送られる天候情報(気温や湿度など)と歩行者の脳波の値を、Drone に搭載したマイコン(Raspberry Pi)で解析し、歩行者が不快に感じていると判断した場合はそれを和らげる演出を行う。また、Drone の追従機能は、歩行者が持つ AR マーカを Drone のカメラで位置認識し続けることで実現する。

課題の二つ目で示したように、将来 PCSD は複数の Drone を扱うことを想定しているため、複数の歩行者の脳波解析をサーバのみで行うと、Drone の数が増加した際にサーバへの負担が大きくなってしまう。そこで、脳波の解析や演出方法の選択を各 Drone が行うことにより、サーバの負荷を分散させる。さらに、ユーザから利用申請があった際に特定の Drone が酷使されることを防ぐため、最も待機時間の長い Drone を選択し、Drone 本体に対する負荷の分散も考慮する。

### 4. 雨天時における歩行者の快適性の向上

#### 4.1 照明による快適性演出の提案

前述したように、心理学の観点から、雨の日には人の感じる幸福感の度合いが晴れの日と比べて低く、憂鬱な

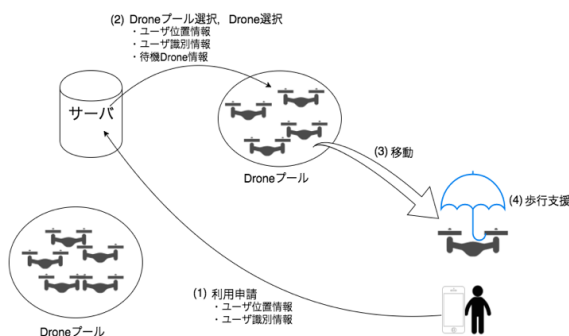


図1 システム運用モデル

Fig.1 Model of Operational System.

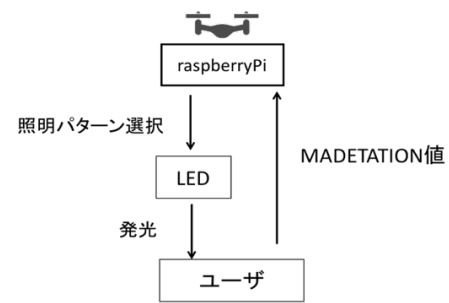


図2 システムイメージ

Fig.2 The Image of System.

気分になってしまうことが知られている<sup>[5]</sup>。そこで、雨の日の照度は晴れの日よりもおよそ10分の1程度まで下がることから、歩行時に意図的に照度を上げることで周囲が晴れているかのように感じさせ、歩行者のリラックス度の向上につながるのではないかと考えた。

PCSD では、利用者の脳波から読み取れる MEDITATION 値の高さをリラックス度合いとし、これに合わせて Drone に搭載した演出システムが照明の色や明るさを調節することにより、雨天時のリラックス度合いを向上させる。図2にシステムイメージを示す。PCSD の利用者に簡易脳波計を装着させ、追従している Drone 本体に脳波の情報を送り、このデータをもとに照明演出を行うことを想定する。脳波の測定には、NeuroSky 社から販売されている Mind Wave Mobile を使用する。これにより取得される値は、脳波の基本要素である  $\alpha$  波などを数値化したものである。さらに NeuroSky 社が独自に開発した解析アルゴリズムによって、それらの要素から ATTENTION (集中度) と MEDITATION (リラックス度) が自動で算出される。この値は周波数から算出される平均パワースペクトルであり、単位はないとされている。

Drone 自体に傘を取り付けるのは技術的にも困難なため、現時点では模擬的に実現する。そこに演出のための LED ライトを取り付け、脳波の値によって照明の点灯・消灯を変化させる。脳波データは Mind Wave Mobile から Blue tooth で Raspberry Pi に送られ、適切な照明パタ

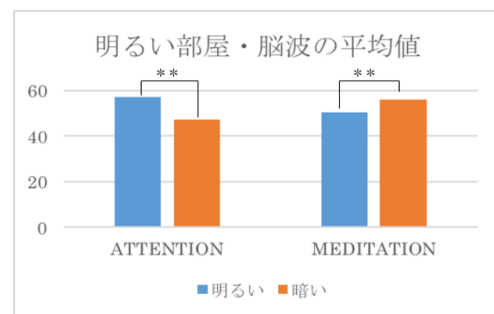


図3 部屋の明るさごとの脳波の違い

Fig.3 Difference of Brainwave of Each Brightness in a Room.

ーンを選択させる。

#### 4.2 照明によるリラックス効果の検証

空間の明るさが脳波に与える影響を調査するために、予備実験を行った。電気をつけた状態と消した状態の部屋において、それぞれの環境下で被験者の脳波を測定した。被験者は芝浦工業大学の大学院生男女3名で、椅子に座り無地の白色背景に設定した PC 画面を眺めている状態で3分間脳波を測定した。その結果、3名の ATTENTION 値、MEDITATION 値のそれぞれの平均値に統計的な有意差が見られた(図3)。

この実験では、人は明るい空間よりも暗い空間のほうがリラックス値が高いということを示す結果となった。実験時、部屋内は照明を全て落とし、立って歩くのが困難なほどの明るさで測定を行ったため、睡眠導入に近い効果が得られたためと考えられる。

#### 4.3 照明効果の再検討

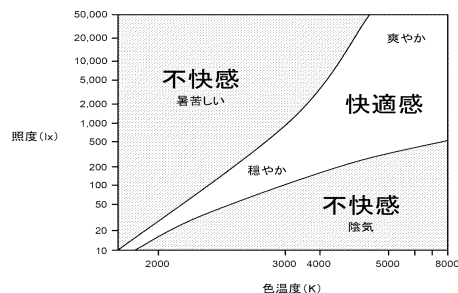
当初、晴れを錯覚させてリラックス値を上げることは、単純に照度を操作することで実現できると考え、予備実験を行った。しかしその結果より、この仮説に再検討が必要であることが示された。そこで照明の色温度と照度を考慮し、より効果的な演出を設計することを考える。

オランダの物理学者クルイトフは、色温度と照度には人が快いと感じる一定の法則があることを示し、クルイトフの快適領域として発表した<sup>[9]</sup>。その関係を図4に示す。これによれば、人が心地よさを感じる照度と色温度の関係は大きく2種類に分けられる。図3の快適感を表す領域内で色温度が高い場合は、快晴時のように爽やかで明るい印象を人に与える。一方、色温度の低い場合は夕景のように暖かく穏やかな印象を与える。この快さの感じ方は個人や環境によっても変化する。そこで、これらの照度と色温度を考慮に入れた場合の脳波の違いを調査するため、改めて実験を行った。

#### 4.4 照度及び色温度を考慮した快適性の検証

前述の実験では照明の有無による脳波の変化を観察することが目的であったため、極端に明るさの異なる環境で実験を行ったことにより、仮説に反する結果となったと考えられる。そこで今回の実験では、実際に雨が降っている環境下の被験者の脳波と、色温度及び照度を考慮した照明を被験者に当てた場合の脳波を測定し、これらの比較を行う。被験者は前回と同じく本学大学の男女3名で、それぞれの測定時間は3分間とする。

照明はクルイトフの快適領域を参考に、雰囲気の違いを2種類の照度と色温度の組み合わせを用いた。ひとつは照度 400lux、色温度 4000K とし、快晴のように明るく爽やかな雰囲気を演出する。もうひとつは照度 50lux、色温度 2300K とし、夕焼けのような落ち着いた穏やかな雰囲気を演出する。照明演出を行うための LED ライトは、被験者が直接光源を視界に入れないよう、被験者の頭上に斜めから照らすように設置した。照度及び色温度の測定



出典: astamuse(<http://astamuse.com/ja/published/JP/No/2013254666>)

図4 クルイトフの快適領域

Fig.4 Kruithof Curve.

には、SEKONIC 製照度計スペクトロマスターC-700 を用いた。今回の実験では照度と色温度による快適性に着目しているが、昼間の場合は雨曇りでも照度が 10,000lux を超える。それによりクルイトフの快適領域に沿った値設定が困難だったため、今回は実験を雨天時の夜に行うことで照度を調節し、照明による快適性向上の効果を確認することに重点を置いた。

雨天時の測定はより実際のシステムの利用状況に近づけるため、建物の外で行う必要がある。水滴による脳波計等の機材への影響を考慮し、被験者には本学の建物の外に面して、かつ雨のかからない程度の屋根がある場所に座ってもらい、脳波を測定した。測定の前に、被験者には1分間ほど目を閉じて安静にしてもらい、目を開けると同時に測定を開始した。

3名の脳波の平均 MEDITATION 値をグラフ化したものを図5に示す。グラフは、雨天時に照明演出なしで測定したものが「雨天時」、快晴のように明るく爽やかな印象を与える演出を「快活」、夕焼けのように落ち着いた温かみのある演出を「穏やか」と表記している。この結果より、雨天時と快活の演出、雨天時と穏やかな演出の値において統計的な有意差が見られた。しかし、雨天時の MEDITATION 値の平均が 53.9、快活が 60.4 でリラックス効果が認められたのに対し、穏やかな演出では 47.0 となり、この時がもっともリラックス度が低いという結果となった。この原因として、やはり一定以上暗いところで測定を行ったことによる高いリラックス作用があったのではないかと考えられる。また、被験者の母数の少なさ

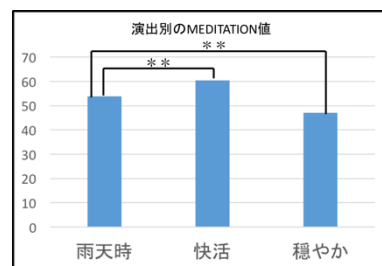


図5 演出別の MEDITATION 値

Fig.5 Meditation Value of Each Effect.

による偏りがあった可能性もある。

## 5.

PCSD を実現させるためには、Drone が歩行者の位置を認識し、追従する必要がある。私たちは、歩行者に AR マーカを持たせ、その AR マーカを Drone のカメラで位置認識し続けることで Drone の頭上追従機能の実装を行った。Drone には Processing でプログラミング可能な AR.Drone 2.0 を使い、AR マーカの認識には、Processing のライブラリである MyAR4psg<sup>[10]</sup>を、Drone の制御には AR.Drone 制御ライブラリである ARDroneForP5<sup>[11]</sup>を用いる。MyAR4psg には、取得した画像における AR マーカの 4 頂点の位置を返す，ARgetMarkerVertex2D メソッドがあり、これを用いて AR マーカの追従を行う。

### 5.1 AR マーカ追従アルゴリズム

AR マーカ追従アルゴリズムを図 6 に示す。まず、Drone に搭載されたカメラから下方向の画像を取得する(1)。次に ARgetMarkerVertex2D メソッドを用いて、取得した画像から AR マーカの中心座標を計算する(2)。計算した値を基に後述する式を評価し、成り立つならばその場でホバリング(3)をし、成り立たなければ、ARDroneForP5 の goLeft(), goRight(), forward(), backward()メソッドを用いて AR マーカの座標へ移動する(4)。このフィードバック制御アルゴリズムによって、AR マーカを追従する。

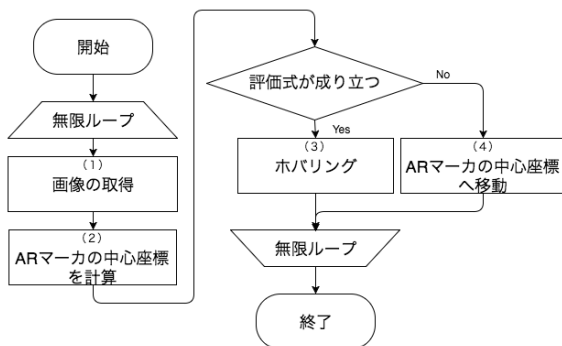


図 6 AR マーカ追従アルゴリズム

Fig.6 Algorithm for Tracking an AR Marker.

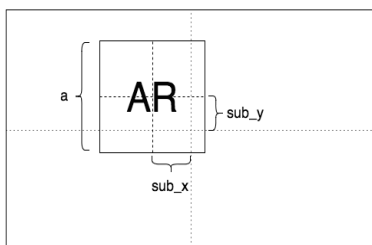


図 7 取得した画像例

Fig.7 Example of a Captured Image.

$$\max\{sub\_x, sub\_y\} \leq \frac{a}{5}$$

図 8 評価式

Fig.8 Evaluation Formula.

## 5.2 評価式

取得した画像例を図 7 に、評価式を図 8 に示す。図 7 のように、AR マーカの一边の長さを  $a$ 、AR マーカの中心座標と取得した画像の中心座標の  $x$  成分の差を  $sub\_x$ 、 $y$  成分の差を  $sub\_y$  とする。この時、図 8 が成り立つならば Drone はホバリングをし、成り立たなければ位置調整をする。

## 6. まとめ

本論文では、歩行者の外出を快適に演出するシステムの構築を目指し、地域サービスとして Drone を利用したシステムである PCSD を提案した。また、快適性を演出するための照明演出の有効性を検証した。今後は Drone に追従アルゴリズムを実装し、評価実験を行う必要がある。さらに、照明演出手法について十分な成果が得られなかったため、測定に脳波だけでなく心拍を利用するなど、演出の有効性を検証する方法を見直す必要がある。

## 7. 参考文献

- [1] 浅川,水上,他:歩行能力障害者に対するロボットスーツ HAL ®の初回装着時効果;理学療法科学学会,(2013).
- [2] 東京消防庁,年別の救急搬送人員,(2010-2014)  
<http://www.tfd.metro.tokyo.jp/lfe/topics/201503/mobile.html>.
- [3] マイボイスコム株式会社,歩きながらのスマートフォン利用時の利用機能・サービス,「MyVoice」アンケートモニター対象,(2016 年 2 月実施)  
<http://www.myvoice.co.jp/biz/surveys/21113/index.html>.
- [4] 鳩山: 歩行者の心理的負荷を重視した総合的な信号交差点設計・制御ガイドラインの構築に関する研究;博士論文,pp.1-187(2007).
- [5] 八木: 横断歩道の距離が歩行者の信号無視行動に及ぼす影響; 日本心理学会,(2015).
- [6] Daniel ICluhne: Well-Being: The Foundations of Hedonic Psychology,Russell Sage Foundation,pp.605,(2003).
- [7] 香村, 他: 都市部におけるレンタル傘システム定着の可能性に関する研究—名古屋市中心市街地を対象とする—; 日本建築学会,pp.1465-1466(2009).
- [8] 産経ニュース: 手放して傘をさせる時代が来た! いつも頭上で浮遊する「ドローン傘」目下開発中 自転車を追いかける傘も;  
<http://www.sankei.com/premium/news/160618/prm1606180004-n1.html>.
- [9] A.A.Kruthof: Tubular luminescence lamps for general illumination; Philips Tech. Rev.6 (1941).
- [10] NyAR4psg ライブラリ, <http://nyatla.jp/nyartoolkit/wiki2/index.php?NyAR4psg>(閲覧日:2016 年 7 月 10 日).
- [11] ARDroneForP5 ライブラリ, <https://github.com/shigeodayo/ARDroneForP5>(閲覧日:2016 年 7 月 10 日).