

森林観光を促進するアプリケーションの研究開発 —奥日光国立公園における実証実験—

Research and Development of an Application to Promote Forest Tourism -An Experiment in Oku-Nikko National Park-

平松 裕子[†] 伊藤 篤[†] 長谷川まどか[‡] 上田 一貴^{‡†} 佐々木 陽^{‡‡}
Yuko Hiramatsu, Atsushi Ito, Madoka Hasegawa, Kazutaka Ueda, Akira Sasaki

[†] 中央大学, [‡] 宇都宮大学, ^{‡†} 東京大学, ^{‡‡} 株式会社GClue
Chuo University, Utsunomiya University, The University of Tokyo, GClue.Inc.
susana_y@tamacc.chuo-u.ac.jp

概要

Tourism, which has expanded with the development of transport, is being forced to undergo significant changes: for safe travel after COVID-19, small-group tourism is being promoted. The SDGs will also promote environmental protection. Japan has had a tradition of "forest bathing," which is said to positively affect both body and mind. That is suitable for new tourism. Guides are not always possible to arrange for small groups. Using a smartphone for walking beginners and getting information about the area would be beneficial. However, the signal conditions of mobile phones are not good in the forest. Therefore, a smartphone application using Bluetooth Low Energy (BLE) Beacons with solar panels was developed in Nikko National Park.

We had an experiment to evaluate our application. In addition, we used simple EEG measurement devices while walking and measuring the degree of relaxation for forest bathing.

キーワード: BLE ビーコン, 観光, 森林浴, 簡易脳波計測, モバイルアプリケーション

1. はじめに

1.1. 時代の急務としての森林保護

世界の森林面積は約 40.3 億ヘクタールで、全陸地面積の約 31% を占めている。しかし、環境省自然環境局によると、世界の森林は減少を続けており、毎年 520 万ヘクタールが減少していると言われる（2000 年から 2010 年までの平均）[1]。この森林減少の主な要因は世界的には農業開発であるが、住民にとって農業開発により得られる利益は大きい。日本の宅地開発などによって森林が減少することもある。いずれの場合にも森林保護はそれらと同等、あるいはそれ以上の利益を彼らにもたらすだろうか。森林の育成を行うためには、他地域の大義のために地域住民の利益を損ねるのではなく、参画することで自らも利益を得られ、積極的に森林保護に乗り出す仕組みが必要である。

本稿では、森林保護という地球課題を考える際に、コロナ後の観光としても注目を集まる自然の中の観光、特に森林浴を扱う。これは、over tourism を解消し、ポストコロナの観光として国連世界観光機関（UNWTO）の新ガイドライン（Global Guidelines to Restart Tourism, 2020.6[2]）にも則した自然環境の中を小グループで散策する、新しい観光である。観光産業の振興と絡める利点は観光客の流入によって現地の人々に収入があるだけでなく、人々に森林は耕作の邪魔になるものではなくそれ自体が意味ある資源となるという認識をもたらす点にある。また観光情報の中に自然の情報を入れ込むことで、森林の重要性、そこに生きる生物の多様性を尊ぶ姿勢を訪れる観光客の側にも培うことができる。また森林浴はストレス軽減に効果があると言われ、森林そのものの力を肯定する点も単なる散策以上の意味を持つ。現代のストレス社会においても潜在的な需要を見込める観光である。

一方で森林保護を行うために無尽蔵に観光客を流入すれば良いのではなく、森林を壊さない観光をどう作るか。これも研究課題である。少人数の観光を考える際、森林に関する情報をツアーガイドが 1 つ 1 つ行うのは現実的ではない。IT による情報補完、またその仕組みを使用した観光客の導線の誘導を考えていく。

2. 先行研究

2.1 BLE Beacon

スマートフォンの普及により、Bluetooth は様々なアプリケーションで広く利用されている。短距離で使用する安価な無線ツールである。位置情報サービスなどの実用化が進み、LE Audio の実装が期待

されている。日本では、位置情報の測定に関してはより詳細な検討が進められている (K. Omura, T. ManabeT, 2021[3])。また、軽量・小型の Bluetooth デバイスをネズミの脳に接続し、脳組織の神経細胞の活動を直接とらえたチーム (井戸川慎之介, 山下浩二他, 2021[4]) もある等、広域において使用されている。従来の諸研究、実装の中で、我々の研究は屋外の自然環境下における長期間使用という点が特徴的である。

2.2 森林浴効果測定

日本においては森林浴は体に良い影響を与えるとされており、国外でも “Shinrinyoku”, “Forest Bathing” と言われ、例えれば TIME 紙 [5]にも取り上げられている。その効果は単に感覚的なものではなく、国内における森林浴の研究では、20 分程度であっても、身体面では、血圧、脈拍、唾液中コルチゾール等のストレスホルモンの低下、副交感神経活動の亢進、交感神経活動の低下が見られると報告されている (小山, 2009 [6])。また、心理面では気分の改善があり、ポジティブな感情や回復感が高くなると言われ、森林の大気分析を行い、樹木から発散されるテルペノイド類などフィトンチッド成分を測定した研究報告もある (武田, 2009 [7])。

一方で、これらは森林の天候や被験者の個人的な要素に影響される点も多い (高山, 2012 [8]) と指摘される上、特に生理的な部分に関して測定方法も煩雑なため、汎用とできるような規模の調査には至っていない。それぞれの測定手法における被験者数としては 10 名前後のものも多い。つまり、被験者数、調査環境の地域差、個人差の検討において未だ課題があり、より多数、広域の研究の必要がある。

また、森林浴の効能を観光開発に結び付けるとしても、持続可能な観光として位置づける必要があり、この点に関わる研究は稀有である。地域の観光資源としての森林をどう観光客に伝えるか、より積極の方策が望まれる。

2.3 日光におけるこれまでの調査実証結果

我々は、2014 年からの総務省戦略的情報通信研究開発推進事業(SCOPE)の委託研究を皮切りに、日光の駅前から日光東照宮に向かう道にビーコンを設置し、メインストリートに外国人観光客向けの文化情報を提供するアプリケーション (以下、アプリ) を開発し、改良と検証のため、一連の調査研究を行ってきた [9, 10]。例えば、伝統的な商店は、扉が引き

戸で、店内はあまり明るくない。この外観は日本の伝統的なものである。外国人観光客は店の前を素通りしていくが、アプリ使用により、シグナルを受け取り、和風な店や日本の伝統的な情報、季節の情報などを知ることができる。また言語景観調査も実施し、沿道に展開される観光客への情報に関して考察を進めた。歩きスマホが課題となる中、当初のスマートフォン利用から、スマートウォッチでの表示展開も可能にした (図 1 参照)。



図 1 スマートウォッチ使用の際の構成

インターネット上には、さまざまな情報が既に展開されている。しかし、その多くは観光客が書いたものである。一方、日本の老舗の店主は、その土地の歴史や文化を熟知しているが、検索上位に彼らの情報が必ずしも上位とは限らない。このような情報を現地で積極的に展開するためには Bluetooth 使用の現地アプリが有用である。

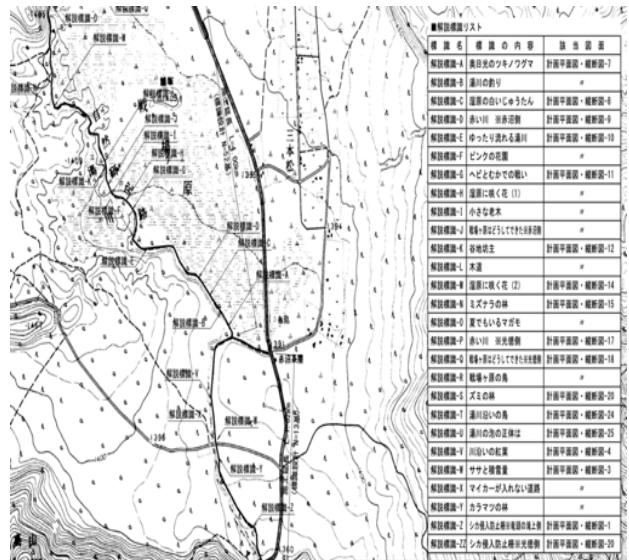


図 2 解説表示位置図より

そして、第 2 段階として、2017 年から日光国立公園の戦場ヶ原で、日光国立公園管理事務所の協力のもと、BLE Beacon の利用実験を行っている [11]。奥日光は第 1 段階よりも標高が高く、気温も低い。冬



図 3 道標に設置した BLE Beacon 及びアプリケーション画面

の積雪も課題である。この環境においても実証を重ね、BLE Beacon 使用のアプリを作動させている。図2に記載のある解説標識、また図3（赤枠）のように、道標にビーコンを設置した。

（なお、このアプリは「奥日光ナビ」として iPhone の App Store でインストール可能である。）

3. 奥日光における実証実験

3.1 実証実験の目的

奥日光の戦場ヶ原を対象として、開発した散策のためのアプリ「奥日光ナビ」（図4参照）の評価及び軽量脳波センサーを使用した森林浴の有効果測定を行う。

今回の実証では、簡易脳波計を装着し α 波と β 波を検出する。最終的な目的はアプリにこの脳波測定結果をリアルタイムで反映させることであるが、今回はまずその第1段階として森林散策中に脳波測定が行え、リラックスしているか測定をしてみると



図 4 奥日光ナビのコンテンツ展開（図鑑一花）

うことである。

森林浴は体に良さそうだし気分がいい曖昧な感覚だけでなく、観光客が直接目に見える形でその場で実感できるような仕組みにまで落としこむための足掛かりである。自然の中を歩くことは健康を求める人にとってどのような効果が期待できるのか。実証実験としては成り立っても、一般観光客に応用できるものは未だ確立していない。観光客が自分の健康に良いと実感でき、SNS でも発信可能な情報に落とし込めれば、それは次の観光客を誘致する要素となり得る。

なお、技術面での課題としては国立公園内の厳しい自然環境がある。森林環境が Beacon に与える影響である。高所にあり、気候が変わりやすい。この地域はラムサール条約に批准している湿地帯で、Beacon の箱が結露してしまうこともある。冬は雪が降り、夏は葉が茂り、太陽光が届きにくくなる。街中では 80m の範囲で BLE Beacon が情報を提供した。しかし、我々の予備実験の中では戦場ヶ原では 20~1m 程度しか電波が届かなかった。

そこで、ソーラーパネルの選定や防水処理など数回の改良を加え、安定稼働に向けて準備を進めている。電波が届く範囲は変わらないが、情報が取得できれば、届く範囲が狭いことはバス停への距離などはむしろ正確性に益する。今回はこのような改良点を施したアプリの作動状況も調査目的である。

3.2 実験概要

2021 年 8 月に Beacon の動作確認とアプリのコンテンツ評価のための実験を行った。

また、アプリとは別に、森林浴の効果を定量的に測定した。バンダナに取り付けた軽量な脳波センサーを使用し脳波測定を実施した。

実証期間：2021 年 7 月 31 日～8 月 2 日

参加人数：10 名(平均年齢 20.6 歳)

事前アンケートでは、森の散策が好きだと回答している。しかし、そのうち 6 名は 1 日の運動時間が 0~1 時間であると回答している。まず、参加者全員がアプリを使用し、その後、別れて、脳波センサー（図3 参照）を装着したバンダナをつけて、GPS も測定しながら森林浴を行った。（図5 参照）



図 8 脳波センサー付きバンダナ及びGPS 装置

(1) アプリ評価(n=10)

アプリ評価は、機能ごとに 5 段階のリッカート尺度で実施し、結果は平均して 3.88/5.00 であった。図 6, 図 7 に 2 つの結果を示す。図 7 天気が満遍なく高評価を得ているのに対し、図 6 ビーコンポイントの反応速度は、場所によって 10m 近く手前から反応したり、真正面から反応したりするため、反応速度評価が低かった。この点は、Beacon の性質上、改善が難しい。しかし、図鑑の情報やバス停までの距離などは数メートルしか離れておらず、観光客にとって特に問題はないと考えられる。

(2) 脳波測定 (n=4)

1 グループでのウォーキング

時間：9:45～11:50



図 6 アプリ評価 ビーコンポイント

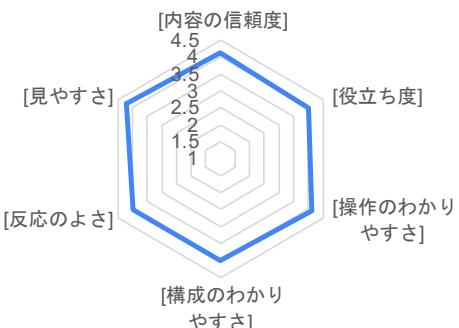
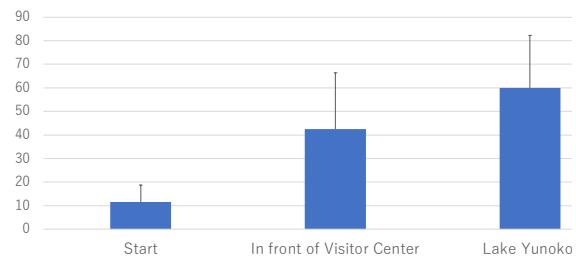


図 7 アプリ評価 天気

図 5 スタート時から湯の湖到着時の覚醒度%
(主観評価)

天候 晴れのち曇り

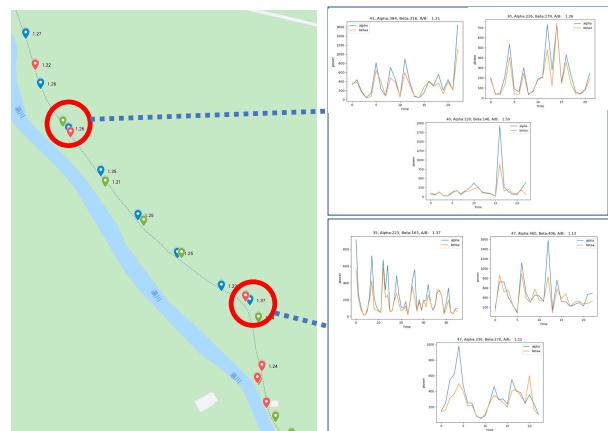
気温：27.3°C～24.8

湿度：60%前後

森林浴の効果については、主観評価として PANAS (Positive and Negative Af-fect Schedule) を用いた。データ数は少ない(4名)ものの、主観評価では、ウォーキング開始時に比べて森林浴後覚醒度が向上していると被験者は回答した。t 検定の結果、 $t(3)=0.007$, $p>0.05$ であり、有意差が認められた(図 8 参照)。

4 名のうち 1 名の脳波がうまく測定できており、3 名に関してではあるが、脳波測定結果を図 9 に示す。統計処理を行うには至らない総数であるが、森の中、滝の横を歩き、立ち止まって自然の中に身を置くと α 波(青色)が β 波を上回る箇所が見られ、いくつか特に 3 名に α 波の上がる地点が見られた。

なお、この 3 名に関しては比較のために渋谷ハチ公前から NHK に至る道を歩く実証を行った。(2022 年 6 月 25 日 気温 34°C, 湿度 62%, 晴天) ビルや

図 9 4人中3名の脳波測定(青: α 波, 赤: β 波)

車が多く 車の音や店から漏れる音など、様々な音が聞こえる。必ずしも測定結果は同じ傾向は示さず、 α 波と β 波とともに大きく動き活発な脳波が見られる被験者と、 β 波が細かく高く動く緊張が見られる被験者がおり、戦場ヶ原との相違が見られた。

4. 結論

店舗情報を知るためのアプリ開発を土台に、奥日光において情報不足を補うだけでなく、森林浴の良さを積極的にアピールするためのアプリ開発を目指し、実証を開始した。

実証の結果、現在展開中のアプリ「奥日光ナビ」は問題なく作動し、一定の評価を得られた。

一方で今後アプリに反映を目指す森林浴に関しては、その効果は脳波測定結果からリラックスした状態が観測されたが、データ数がまだ少ない。

また、考慮点として明記すべきは、この実験はCOVID-19下で実施したため、参加者はマスクをつけていた。森林浴の効果のひとつに香りがあると言われているが、今回は効果は測定できなかった。マスクを外した際の嗅覚を加味した測定の必要もある。

簡易脳波測定器の装着に関しては、実証時のバンダナ着用でも測定はでき、人通りの多い渋谷でも人目を引くこともなかった。手軽な、使用可能な装置であることが確認できた。

今回の実証で観光客に森林浴の効果を実感してもらうことで、森林浴の効果を測定するという目標に一歩近づいた。

引き続き実証を重ね、観光客が森を歩くことの良さを実感できるようなシステムを開発し、森林ツーリズムを技術面からもサポートしていきたいと考える。

謝辞

本研究は科研 17H02249, 18K111849, 20H01278, 20H05702, 22K12598の助成を得て実施された。

文献

- [1] 環境省自然環境局 自然環境計画課、「国際的な森林保全対策 / 世界の森林の現状」
https://www.env.go.jp/nature/shinrin/index_1_2.html
- [2] UNWTO, (28 MAY 2020) "GLOBAL GUIDELINES TO RESTART TOURISM", <https://webunwto.s3.eu-west-1.amazonaws.com/s3fs-public/2020-05/UNWTO-Global-Guidelines-to-Restart-Tourism.pdf>

- [3] Omura K. and Manabe T. (2021.2), "Performance Evaluation Using Plural Smartphones in Bluetooth Low Energy Positioning System", EICE Trans. Fundamentals, vol. E104-A, no.2, pp.371-374, .
- [4] 井戸川 槟之介, 山下 幸司, 三田 理央毅, 沼野 利佳, 鯉田 孝和, 河野 剛士, (2021), 「Bluetooth-low-energy 技術を用いたマウス脳用無線計測システム」 Sensors and Actuators B: Chemical , Volume 331 , 15 , <https://www.kushiro-ct.ac.jp/library/kiyo/55/14.pdf>
- [5] QING LI, (2018), "Forest Bathing' Is Great for Your Health. Here's How to Do It", TIME, MAY 1, 2018 EDT <https://time.com/5259602/japanese-forest-bathing>
- [6] 小山 泰弘, 高山 範理, 朴 範鎮, 香川 隆英, 宮崎 良文, (2009), 「森林浴における唾液中コルチゾール濃度と主観評価の関係」, 日本生理人類学会誌, 14 卷, 1 号, p. 21-24
- [7] 武田 淳史, 近藤 照彦, 武田 信彬, 岡田 了三, 小林 功, (2009), 「森林浴の癒しと健康増進効果について」, 心臓, 41 卷, 4 号, p. 405-412,
- [8] 高山 範理, 香川 隆英, 注意回復理論を用いた回復環境としての森林環境の機能に関する研究, ランドスケープ研究, 2013, 76 卷, 5 号, p. 539-542,
- [9] Yuko Hiramatsu, Fumihiro Sato et al, (2017), "Outdoor Studying System Using Bluetooth Low Energy Beacon-To Feel Cultural Sites", LCT 2017: Learning and Collaboration Technologies. Novel Learning Ecosystems pp 340-352
- [10] Atsushi Ito, Akira Sasaki et al,(2019), "A Study on Navigation System Using BLE Beacon for Sightseeing", 23rd IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES), pp301-306
- [11] Atsushi Ito, Akira Sasaki et al.(2022), "Designing sightseeing support system in Oku-Nikko using BLE beacon", 18th International Conference on Computer Aided Systems Theory, pp141-142