

# Territorial Behavior: 縄張りを持つ日用品による さりげない境界提示

道地玲香<sup>†1</sup> 橋田朋子<sup>†1</sup>

**概要**: IoT 技術の浸透より, モノの状況認識や制御が可能になりつつある今, このような”賢いモノ”の対象は日用品や家具といったあらゆるものにまで広がっている. 日用品や家具における賢いモノの取り組みでは, 状況に応じてモノの位置を動かす・形や状態を変えるとといったダイナミックなアクチュエーションを施すことも多い. 筆者らはこのままでは家の中のモノの秩序が保たれなくなると考え, それぞれの日用品がいるべき領域を定めることを考えた. 本研究では, 日用品自体が使える場所と使いにくくなる場所を作ることで家庭内における日用品の縄張りをさりげなく提示・体感させるシステムを提案する. ビーコンから一定距離内で正常に動き, ビーコンから一定距離外になると日用品の動きを制限することで家の中の日用品の縄張りを実現した.

## 1. はじめに

通信機能を持ち, 状況を認識したり自動で動作したりすることが可能な”賢いモノ”が, IoT技術の浸透より広まりつつある. このような”賢いモノ”の対象は既に家電などにとどまらず, スリッパのような日用品から椅子のような家具まであらゆるものにわたっている. また賢い家電がもともと備えている機能を状況に応じて自動的に遂行するといった形をとることが多いのに対し, 新たに台頭してきた日用品や家具における賢いモノの取り組みでは, 状況に応じてモノの位置を動かす・形や状態を変えるとといったダイナミックなアクチュエーションを施すことも多い. このような背景の中で, 現状でも人の手によってモノが定位置から動かされがちな家の中の状況に加えて, 賢くなって自律的に振る舞うモノが溢れた未来の家を想像し, 筆者らは家の中のモノの秩序を保つために, 今後は賢いモノ同士がどう振る舞うべきかのデザインがより重要になると考えた.

秩序立ったモノ同士の振る舞いのデザインの一つの解として, それぞれの日用品がいるべき領域を定めることが挙げられる. ここで筆者らが着目したのが, 動物が持つ縄張り習性である. 特にカワハギという魚の縄張り習性は, 自らの縄張り内では敵に対して優位に働き攻撃力が強まり, 縄張りの外では劣位に働き攻撃力が弱まる習性であることが知られている. そこで本研究ではカワハギの縄張り習性を模倣し, 日用品がそのまま使える場所と本来の機能が使いにくくなる場所を作ることで家庭内における日用品の縄張りをさりげなく提示・体感させるシステムを提案する. 具体的な手法としては, ビーコンを用い縄張りの基地局と見立て, ビーコンから近い距離にあるときは日用品が正常に動き, ビーコンから遠い距離にあるときは日用品の本来の機能が使いにくくなるようなアクチュエーションを施す. 本稿では提案システムの詳細と, 精度実験の結果を

報告する.



図 1 Territorial Behavior

## 2. 関連研究

### 2.1 自律的に振る舞う賢い日用品

日用品が状況に応じて形や状態を変化したり自律的に移動したりする仕組みの事例が増えてきている. 例えば, nendo 社の sudare は簾としての機能の果たす反面, 状態を変えて椅子になる[1]. また, HEXA 社の Vincross はあらゆる所が歩行可能なクモ型ロボットであり, これを用いた光を求めて日差しを追いかけるプランターを実現している[2]. 他にも日産自動車社の ProPILOT PARK RYOKAN では, 自走機能を持つスリッパや座布団, テーブル, リモコンが正しい位置に移動するデモストレーションが行われている[3]. さらに日産自動車は ProPILOT CHAIR という, 散らかったデスクチェアが正しいデスクの元へ戻るものや, 行列の先頭に並ぶ椅子が先頭に戻る製品も発表している[4]. これらの事例では, 日用品が単体でそのものの機能を拡張するために自律的に形や状態を変えたり移動したりする. 一方で, 本研究は複数種類の日用品を視野に入れて, それらの縄張りに応じて自律的に振る舞いを変える点が異なる.

### 2.2 人に制限を意識させる・働きかける仕組み

機械の制御により人に何かしらの制限を意識させたり, 実際に人の動きを制限させたりする研究や作品も多く存在する. Snibbe の Boundary Functions では頭上から投写される線によって人と人の境界線を表す作品である[5]. また, Dogai らの ToolShaker は壁面や机上に収納/配置された日用品が物理的に揺れることで情報提示を行う[6]. さらに,

<sup>†1</sup> 早稲田大学  
Waseda University.

Leigh らの Morphology Extension Kit はモーターの入ったブロックを重ねて手首につけることで手の動きに変化を与えるウェアラブルデバイスである[7]. Morphology Extension Kit のアプリケーションの 1 つに手がマウスを触ろうとする際に Morphology Extension Kit が邪魔して触れないというアプリケーションがある. これは実際に, 本来使用する人がしたい動きに制限を与えている. これらの研究・作品は機械が人に対して制限を意識させる仕組みが視覚的に明確である. 或いは, 直接人体に制限を与えている. それに対し, 本研究は日用品が縄張りの外で使いにくくなることで間接的に人の動きに制限を与えている.

### 3. Territorial Behavior

#### 3.1 システムの概要

提案システム Territorial Behavior は, 家の中の日用品に縄張りを設定し, 縄張り内にいるときには正常に動き, 縄張り外にいるときにはモノ本来の機能が使えなくなるようにする仕組みである. このシステムを実現するための要件として, 下記の 3 つを設ける.

1. 家の中での日用品の種類ごとの適切な縄張り (動作可能範囲) の設定
2. 複数の日用品が, 縄張り内にいるか縄張り外にいるかの同時認識
3. 縄張り内にいる場合は日用品を正常に動作させ, 縄張り外にいる場合は日用品の機能を抑制する制御

まず要件 1 に関しては次節で述べる調査より適切な範囲を定める. 次に, 要件 2 に関しては, 複数のビーコンを用い縄張りの基地局と見立て, ビーコンからの距離を計測して縄張りを認識する. これを位置検出機構と呼ぶ. なお, 今回は日用品の代表例としてハンガー, クッション, 卓上鏡の 3 つを取り上げる. これらに対し簡易なモーターやスピーカーを用いて縄張りから外れると日用品本来の機能が使いにくくなるようなアクチュエーションを施すことで要件 3 を満たす. これを日用品制御機構と呼ぶ.

#### 3.2 縄張り設定のための調査

人が家の中で日用品を移動させる距離についての傾向を把握するために, 特に本研究で取り上げるハンガー, クッション, 卓上鏡について, 日々の生活において直線距離で約何[m]動かすか, 簡易な計測・聞き取り調査を二階建て住宅に住む 20 代 3 人に行った. 結果は表 4 に示す. この結果より, 直線距離で短い人でも, ハンガーとクッションは 5[m], 卓上鏡は 3[m]移動することがわかった. 本システムでは, これらの結果を参考に, 日用品をつい動かしてしまう距離よりも少し短い範囲に縄張りを設定する. 本稿のプロトタイプでは, ハンガーとクッションの縄張りを 3[m], 卓上鏡の縄張りを 1[m] と設定する.

表 1 日用品を移動させる距離

	ユーザ A	ユーザ B	ユーザ C
ハンガー	5[m]	11[m]	9[m]
クッション	5[m]	7[m]	6[m]
卓上鏡	7[m]	3[m]	5[m]

## 4. Territorial Behavior の実装

### 4.1 システム構成要素

本システムはビーコン (iBeacon, estimote)・ESP32 (ESP32-DevKitC, Espressif Systems)・サーボモータ (360° 連続回転サーボ FS90R, FEETECH RC MODEL CO.)・圧電サウンド (FGT-15T-60A1W40, UNIVERSAL ELECTRONICS CO.) から構成される. 本システムの全体像を図 2 に, システムの構成図を図 3 に示す.

### 4.2 位置検出機構

位置検出機構は, ビーコンを用いて任意の日用品を探し, ビーコンからの距離を測ることで指定距離内にいるか指定距離外にいるかを認識する機構である. ビーコンは BLE (Bluetooth Low Energy) の発信機であり, ビーコン端末からは固有の ID 情報が常に発信されている. この情報を Bluetooth 通信が可能なマイコンモジュール ESP32 で取得する. この情報を元にビーコンから ESP32 までの距離の算出を行い, ESP32 を伴う日用品が指定距離内にいるか指定距離外にいるかを認識する.

ビーコンによる距離測定にあたり, まず, ビーコンをスキャンすることで受け取れる情報として, 電波強度  $r$ [dBm] と TxPower  $x$ [dBm]がある. 電波強度  $r$ [dBm]とはデバイスが受信した電波強度であり, TxPower  $x$ [dBm]とはビーコンが発する信号の強さのことである. 今回用いる iBeacon では, TxPower  $x$ [dBm]は 1[m]地点での電波強度  $r$ [dBm]であると定められている. よって, ビーコン毎に理論値が変わる. フリスの伝達公式により自由空間では受信信号強度は距離の二乗に反比例して減衰していくことを用いて電波強度  $r$ [dBm]と TxPower  $x$ [dBm]と距離  $d$ [m]の関係は式(1)のように表すことができる.

$$r = x - 20 \log d \quad (1)$$

よって距離  $d$ [m]は式(2)のように求められる.

$$d = 10^{(x-r)/20} \quad (2)$$

以上のアルゴリズムを用いてビーコンと ESP32 までの距離測定の精度実験を行なった. 精度実験の詳細については次章で述べる.

### 4.3 日用品制御機構

日用品制御機構は, 位置検出機構が取得した縄張りの内外の情報を用い, ビーコンから日用品の距離が縄張り内の場合は日用品に何も制御を加えず, 縄張り外の場合は日用品の機能を制限する制御を施す機構である. 本研究で用いる日用品のうち, ハンガーに関しては, 本来衣服を引っ掛け

るためのハンガーを引っ掛けられないようにするために、サーボモータを用いてハンガーの柄の部分が無限回転させる。クッションに関しては、本来上に座ったり手元に置いたりするクッションを身近に置きにくくするために、圧電サウンダを用いてクッションが音を出し続ける。卓上鏡を制御する方法としては、本来顔を見るために使う鏡が見えなくするために、サーボモータを用いて鏡が回転する。このように縄張りの外側にいる場合、通常の使い方ができなくなる。

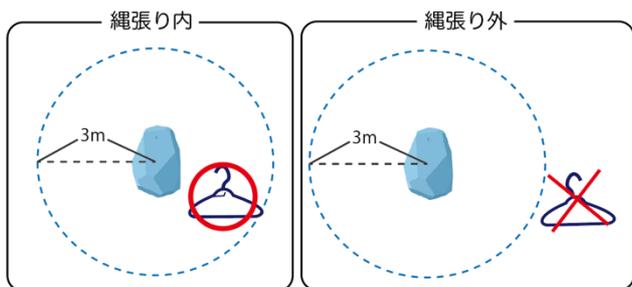


図 2 システム全体像

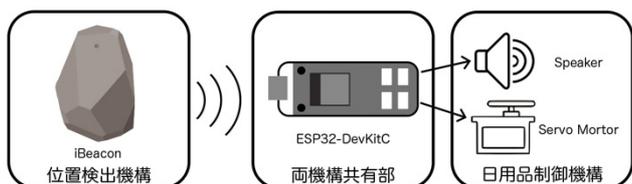


図 3 システム構成図

## 5. 精度実験・動作確認

本章では、ビーコンの距離測定の精度実験を行なった。また、指定範囲内外での家具制御機構の動作を確認した。

### 5.1 ビーコンの精度実験

提案システムで用いるビーコンの距離測定精度を検証する実験を行なった。3章のビーコン距離算出アルゴリズムより距離の算出を行う。本システムは家中(室内)での利用を想定しているため、ビーコンからの距離  $d[m]$  は遠くても  $15[m]$  あれば十分だと考えた。  $0 \leq d \leq 15[m]$  の範囲で  $d[m]$  の距離を  $0.5[m]$  ずつ大きくし、4種類のビーコンを各距離においた時の電波強度を3回ずつ測定した。各電波強度の平均値を算出し、理論値との誤差を確認した。理論値の  $TxPower$   $x[dBm]$  は各ビーコンの  $1[m]$  地点での電波強度  $r[dBm]$  の平均値を用いた。図4に電波強度  $r$  とビーコンからの距離  $d$  の関係を示す。グラフからビーコンからの距離が遠くなるほど電波強度の精度にばらつきがあることが読み取れる。また、各ビーコンの平均誤差を算出した。Beacon1の平均誤差は  $0.85[\%]$ 、Beacon2の平均誤差は  $4.26[\%]$ 、Beacon3の平均誤差は  $4.74[\%]$ 、Beacon4の平均誤差は  $4.98[\%]$  となった。この実験から、今回指定する縄張りの範囲  $0 \leq d \leq 3[m]$  は、理論値に対する誤差やBeacon間の誤差もそれほど大きくなく、問題ないことが確認できた。なお、

$3[m]$  地点と  $1[m]$  地点での ESP32 で設定する電波強度を図4から読み取り、これ以後位置検出と縄張り判定に用いる。

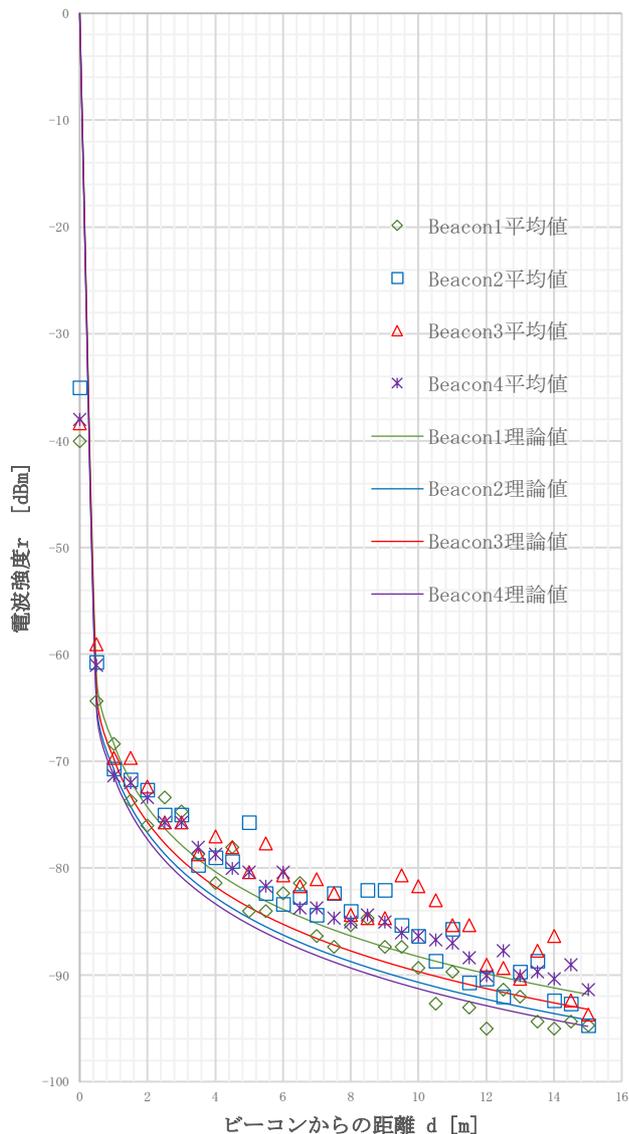


図 4 電波強度  $R$  とビーコンからの距離  $d$  の関係

### 5.2 動作確認

今回の実験では、実際にビーコンからの距離が一定距離内にある場合に、日用品が正常に動き、一定距離外にある場合に動きにくくなるか確認を行なった。動作確認の結果を表2に、動作確認を行なっている様子を図5に示す。ハンガーとクッションは約  $3[m]$  離れた位置に移動させると本来の動作ができなくなり、卓上鏡は約  $1[m]$  離れた位置に移動させると本来の動作ができなくなった。

表 2 動作確認の結果

	縄張り内	縄張り外
ハンガー	○	×
クッション	○	×
卓上鏡	○	×

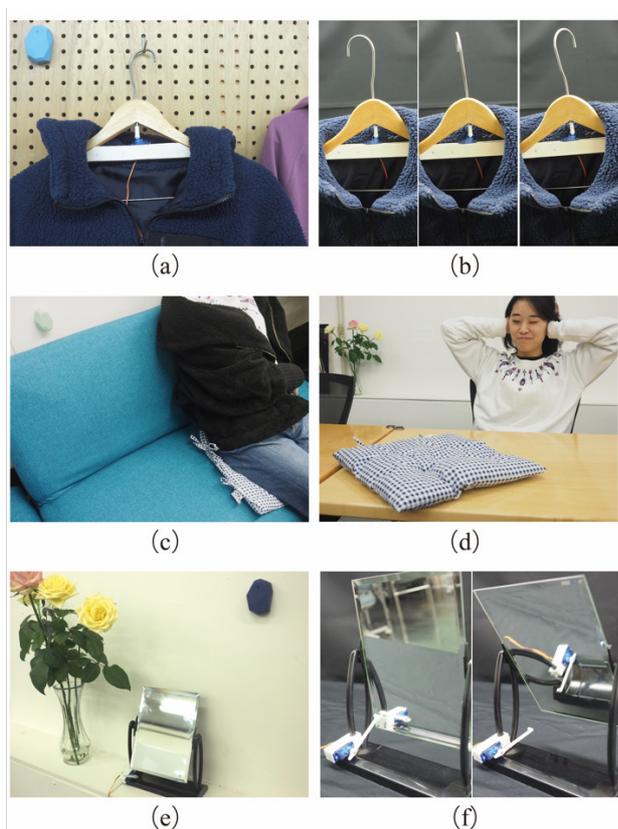


図 5 動作確認の様子

- (a) 縄張り内にあるハンガー (b) 縄張り外にあるハンガー  
 (c) 縄張り内にあるクッション  
 (d) 縄張り外にあるクッション (e) 縄張り内にある卓上鏡  
 (f) 縄張り外にある卓上鏡

## 6. まとめと今後の展望

本稿では、日用品自体が使える場所と使いにくくなる場所を作ることで家庭内における日用品の縄張りをさりげなく提示・体感させるシステムを提案した。

今後の展望としては、まずシステムの小型化が挙げられる。システムが小さくなれば文房具等にも取り付けられるようになり、より多くの日用品を制御することが可能になる。また本システムは、iBeacon の精度により、縄張りの内側で誤作動を起こすことがある。この問題を解決するために、iBeacon の受け取る電波強度を平均化させ、縄張りの内外を判断するシステムにアップデートする必要がある。加えて、現状では1つの日用品が一定区間の縄張りを持ち、縄張り同士の重なりは考慮していない。今後、日用品同士の縄張りが重なったときに日用品の優劣をつけることでより秩序の保たれた空間を考えたい。

## 参考文献

- [1] nendo: “sudare”. <http://www.nendo.jp/jp/works/sudare>. Accessed on December 16, 2018.
- [2] Hexa: “Vincross”. <https://www.vincross.com/hexa>. Accessed on December 11, 2018.
- [3] Nissan: “ProPILOT Park RYOKAN”. <https://www.nissan.co.jp/BRAND/TFL/PPPR/>. Accessed on December 11, 2018.
- [4] Nissan: “ProPILOT CHAIR”. <https://www.nissan.co.jp/BRAND/TFL/PPC/>. Accessed on December 15, 2018.
- [5] Scott Snibbe, “Boundary Functions”. <https://www.snibbe.com/projects/interactive/boundaryfunctions/>. Accessed on December 11, 2018.
- [6] Hayato Dogai, Maho Oki, and Koji Tsukada. “ToolShaker: Presentation Technique for “as-is” Display of Daily Commodities”, In Proceedings of the 9th Augmented Human International Conference (AH '18), Article 44, 3 pages, 2018
- [7] Sang-won Leigh, Timothy Denton, Kush Parekh, William Peebles, Magnus Johnson, Pattie Maes, “Morphology Extension Kit: A Modular Robotic Platform for Physically Reconfigurable Wearables”, CHI EA'17 Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, p. 397-400, 2017.