

# 絶対位置情報と相対位置情報を活用した 確率的な位置情報の導出に関する考察

田畑 亮馬<sup>1</sup> 林 亜梨沙<sup>1</sup> 佐伯 幸郎<sup>1</sup> 中村 匡秀<sup>1</sup>

概要：位置情報には緯度経度や住所で表される絶対座標系の情報に加えて、2つのオブジェクトのすれちがいを検知することによって得ることのできる相対座標系が存在する。先行研究では、異なる系の位置情報データを統一的に扱うための確率位置情報という新しいデータ系を提案しているが、具体的な実現方法については未検討だった。本稿では特に、既知の絶対位置情報と相対位置情報を組み合わせて、未知のオブジェクトの位置を確率的な位置情報として導出するアルゴリズムについて検討する。

## Consideration on derivation of probabilistic location information using pass-by information

### 1. 確率的な位置情報

近年、モバイルデバイスなどの電子機器の高性能化やインフラ整備が進んでおり、あらゆるモノがインターネットに接続するIoT(Internet of Things)の時代が到来している。それに伴い、ユーザは様々な場所で、位置情報などの現在位置に結びついた情報をセンサによって取得し、それをインターネットと連携して活用するサービスが増加している。ユーザの位置情報に基づいて適切なサービスを提供するロケーションアウェアサービスや、紛失したデバイスの検索や災害時の避難支援など、多岐に渡る分野で位置情報のスマートサービスとしての利用が進んでいる。

位置情報データの形式の分類として、絶対位置情報と相対位置情報の2種類が存在する。絶対位置情報とは、オブジェクトの位置を緯度経度などの座標や住所など、ある1つの地点を示す表現であり、モバイルデバイスにおいてはGPSなどによって測位可能である。また、相対位置情報とは別のオブジェクトから見た相対的な位置を示す表現であり、BLEやWi-Fiの近接検知機能によるすれちがいが情報によって測位可能である。こうした位置情報を用いたさまざまなアプリやサービスが存在する。しかしながら、絶対位置情報と相対位置情報には互換性がないため、異なるアプリ間での位置情報は共有できない。両者の互換性を実現

する、より豊かな時空間情報の表現形式があれば、絶対位置情報と相対位置情報を組み合わせて、測位能力の向上を図ることができる。

この互換性を実現するために、先行研究において、確率位置情報という新しい位置情報の表現方式を提案している。[1] 確率的な位置情報システムでは、あらゆるオブジェクトについての絶対位置情報と相対位置情報のログを一元管理する。ある対象のある時刻における位置情報を出力する際、相対位置情報と絶対位置情報を連携することで、対象の相対位置情報を、すれちがった相手の絶対位置情報に紐づけて、すれちがった距離や時間差を考慮したうえで、対象のある時刻における位置情報を領域と存在確率の組み合わせ(確率的な位置情報)で表現する。確率的な位置情報システムによって、これまで発見できなかった新たな位置情報を提供できると考えられる。

先行研究では確率的な位置情報の概念を提案したが、具体的な実現方法については未検討だった。本ポジショニングペーパーでは特に、既知の絶対位置情報と相対位置情報を組み合わせて、未知のオブジェクトの位置を確率的な位置情報として導出するアルゴリズムについて検討する。

### 2. 確率的な位置情報の導出アルゴリズム

ある対象  $A$  のある時刻  $t$  の位置  $L(A, t)$  が未知とする。また、 $A$  が直近で別のオブジェクト  $(B_1, B_2, \dots, B_n)$  とそれぞれ  $t_1, t_2, \dots, t_n$  に近辺にいた(すれちがった)情報がある

<sup>1</sup> 神戸大学大学院システム情報学研究所  
Graduate School of System Informatics, Kobe Univ.

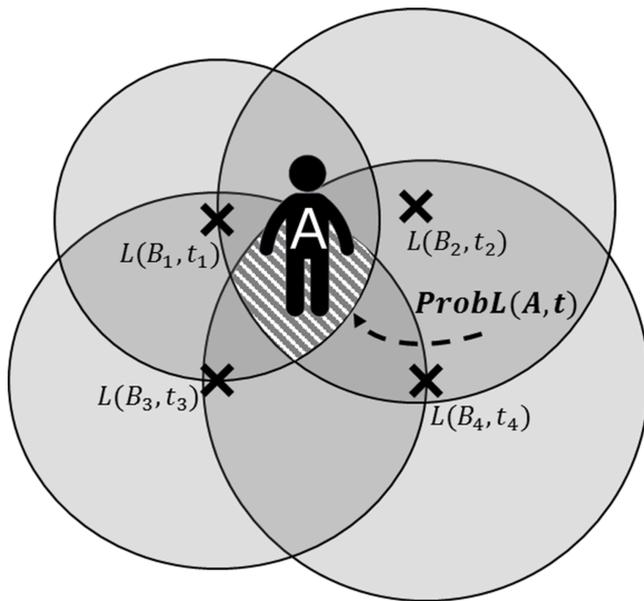


図 1 複数の円領域による確率的な位置情報の導出の例

**Algorithm 1** 円領域に基づく確率的な位置情報の導出

```

1: function PROBL(A, t) // A の t での確率的な位置情報を返す
2:   Set<Circle> circleSet_A; // 円領域の集合
3:   if (L(A, t) が既知である) then
4:     return L(A, t); // A の t での絶対位置を返す
5:   end if
6:   if (L(A, t') (s.t. |t - t'| < ε) が既知である) then
7:     // 直近の A の絶対位置からの移動範囲を候補に
8:     Circle c = new Circle(L(A, t'), v_A * (t - t'));
9:     push(circleSet_A, c);
10:  end if
11:  // 直近で A とすれ違った B_i を求める
12:  pbSet = {B_i | << A, B_i, t_i >> かつ |t - t_i| < ε}
13:  for B_i in pbSet do
14:    Loc_{B_i} = ProbL(B_i, t_i); // B_i の t_i での位置
15:    p_i = Loc_{B_i} の重心;
16:    r_i = p_i から Loc_{B_i} 内の最も遠い点との距離;
17:    Circle c = new Circle(p_i, r_i + v_A * (t - t_i));
18:    push(circleSet_A, c);
19:  end for
20:  // 円集合の重なり部分を返す
21:  return circleSet_A.intersection();
22: end function
    
```

とする。このとき、位置  $L(B_1, t_1), L(B_2, t_2), \dots, L(B_n, t_n)$  がわかれば、各  $t_i$  から  $t$  の経過時間と  $A$  の移動速度  $v_A$  を考慮して  $L(A, t)$  を推測できる。具体的には、 $A$  は  $L(B_i, t_i)$  ( $1 \leq i \leq n$ ) から距離  $v_A(t - t_i)$  の範囲内にはいるはずであるから、各位置から半径  $v_A(t - t_i)$  の円を書き、 $n$  個の円の重なった部分が  $L(A, t)$  の候補となる。この範囲内に  $A$  の位置があるという意味で、重なった部分  $ProbL(A, t)$  を確率的な位置情報と定義する。図 1 に直感的な説明図を示す。

このように円の重なりに基づいて  $ProbL(A, t)$  を導出するアルゴリズムを Algorithm 1 に示す。アルゴリズム中、時刻  $t$  において  $A$  が別のオブジェクト  $B$  とのすれ違いによって生成される相対位置情報を  $\ll A, B, t \gg$  と表現す

る。このアルゴリズムでは、 $A$  とすれ違った  $B_i$  の位置情報  $L(B_i, t_i)$  を求める際、 $ProbL(B_i, t_i)$  を再帰呼び出ししている。これによって、 $B_i$  の  $t_i$  における位置は領域 ( $Loc_{B_i}$ ) となる可能性がある。 $A$  の  $t$  における位置は、 $Loc_{B_i}$  から  $v_A * (t - t_i)$  以内の距離の領域に存在すると考えられる。この存在領域を計算するために、まず  $Loc_{B_i}$  の重心を中心として、 $Loc_{B_i}$  を含む半径  $r_i$  の円を考え、これを  $v_A * (t - t_i)$  の距離だけ引き延ばした円領域  $c$  を導出している。このように、すべての  $B_i (1 \leq i \leq n)$  について円領域を導出し、その交わり (intersection) を  $ProbL(A, t)$  として返す。

**3. 考察**

上述のアルゴリズムによって、たとえ  $A$  の現在位置が分からない場合でも、過去の絶対・相対位置情報を組み合わせることで、おおよその位置を推測することが可能になる。これによって、災害時の行方不明者の位置の推定や、盗難・遺失物の捜索、屋内測位のインフラがない屋内における位置情報の推測等に期待できる。

一方、上述のアルゴリズムには、まだ検討すべき項目も存在する。

- 導出される領域  $ProbL(A, t)$  について、 $A$  の位置は領域内に一様の確率で存在するものと仮定している。実際には  $A$  の移動方向や生活行動によって、領域内の確率分布には偏りがある可能性がある。
- 17 行目で導出される円領域が大きい場合、確率の密度が低くなるため、その領域の重要性は低いと考えることができる。よって、領域の大きさがある閾値を超えると、円領域のリストから除外する方が適切かもしれない。

これらの事項については、システムの実証実験を重ねた上で、アルゴリズムにフィードバックする予定である。

**4. 本ワークショップで議論したいこと**

本ワークショップでは、確率的な位置情報の領域を計算する上で、新たに考慮すべきパラメータや、より推測の精度を高めるための計算手法について議論したい。また、確率的な位置情報の応用例、特に、IoT を活用したスマートサービスへの応用について議論したい。

謝辞 この研究の一部は、科学技術研究費（基盤研究 B 16H02908, 15H02701, 26280115, 若手研究 B 26730155, 萌芽研究 15K12020）の研究助成を受けて行われている。

**参考文献**

[1] 佐伯幸郎：確率的な位置情報を用いたスマートロケーションサービスの実現に向けて、ウィンターワークショップ 2016, pp. 32-33 (2016).