

# 空間ネットワークにおける逆最近傍検索を用いた 経路検出手法の提案

後藤佑介<sup>†</sup>

<sup>†</sup>岡山大学大学院自然科学研究科

## 1 はじめに

近年、ネットワーク上で移動端末による空間軸上の変化を表現できる空間ネットワーク環境において、GPSを用いた位置情報サービスが注目されており、様々な分野への応用が期待されている。位置情報サービスでは、位置情報の問合せ元となるクエリオブジェクト（以下、クエリ）が検索条件に応じて候補となる複数のターゲットオブジェクト（以下、ターゲット）を選択する。このとき、クエリの位置から近い複数のターゲットを検索する最近傍検索を用いることが有効である。例えば、図1において、サッカーの味方プレイヤー  $Q_1$  がクエリとして現在位置から一番近くのターゲットとなる敵プレイヤーをマークする場合、 $P_1$  となる。

様々な空間ネットワーク環境で数多く提案されている最近傍検索の手法では、クエリからターゲットへの一方向の関係のみをもつ。一方で、近年はクエリ自身が他の複数のターゲットからどのような位置関係にあるかという逆方向の関係を考慮する逆最近傍検索が注目されており、特に複数のオブジェクトで構成されるグループ間で逆最近傍検索を行う二色逆最近傍検索 (Bichromatic reverse  $k$  nearest neighbors) の技術が注目されている [1]。例えば、敵プレイヤー  $P_1$ ,  $P_2$  が一番近い相手プレイヤーをマークする場合、どちらも  $Q_2$  をマークするため、味方プレイヤー  $Q_1$  は一定の領域を自由に移動できる。以上より、グループ間で複数のオブジェクトが逆最近傍検索を利用することで、領域内を移動するオブジェクトはオブジェクト間の位置関係を維持して目的地までの移動経路を検出できる。

本研究では、空間ネットワークにおいて逆最近傍検索を用いた経路検出手法を提案する。提案手法では、対象となるクエリの移動中に空間ネットワークに存在す

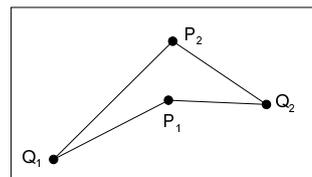


図1: クエリとターゲットの位置関係

るオブジェクトの関係性が変化しない領域を検出する。また、各オブジェクトの正確な位置を含む長方形領域を用いて検出することで、検出処理に要する計算量を削減する。

## 2 関連研究

逆最近傍検索に関する研究はいくつか行われている。Taniarらは、空間ネットワーク環境における逆最近傍検索の基本的な概念を提示した [1]。また、Cheemaらは、空間ネットワーク上において連続的な逆最近傍検索の計算量を削減する手法を提案している [2]。

これまでの研究では、社会において、検索対象が自分の周りにどの距離でどの程度存在するかが重要とされてきた。しかし近年、多くのユーザが携帯端末で自身の位置を公開するようになり、ソフトウェアを介して人との関わりをより意識する環境が一般的になった。このため、他者および他のグループから自身がどのように意識されているかを明示的に捉えた上で、周囲からの情報を取捨選択する必要が生じている。

## 3 提案手法

逆最近傍検索を用いた経路検出手法として、SQR (Spatial Query Routing) 法を提案する。提案手法では、候補クエリが移動しても空間ネットワークに存在するオブジェクトの関係性が変化しない領域を検出する。

本研究で想定する空間ネットワークは二次元で構成され、すべてのオブジェクトは2つのグループのどち

**A proposal of simple routing method for reverse  $k$  nearest neighbors queries in spatial networks**

Yusuke GOTOH<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

700-8530, Okayama, Japan

gotoh@cs.okayama-u.ac.jp

らかに所属する。また、各オブジェクトが検索するオブジェクト数は1 (R1NN) とする。クエリおよびターゲットの位置は長方形領域で表し、正確な位置はその内部とする。

### 3.1 導入方法

提案手法のアルゴリズムは大きく3つに分けられる。一つ目は、各ターゲットとの関係性を求めるために必要な候補クエリの検出（以下、刈取り）、二つ目は各ターゲットが候補クエリとの間で、対象クエリとの逆最近傍の関係が発生する領域の検出（フィルタリング）、そして三つ目は、フィルタリングで検出した領域をもとに新規クエリが移動可能な長方形領域の検出である。

#### 3.1.1 刈取り

刈取りの手順として、初めにターゲットの長方形領域  $R_p$  が候補クエリの長方形領域  $R_q$  と比較して、2つの長方形の距離が最長となる頂点間の直線距離を求める。次に、 $R_p$  が他の候補クエリ以外の  $R_q$  と順番に比較し、2つの長方形で頂点間の最短距離が先ほど求めた距離よりも長ければ、候補クエリをフィルタリングの候補から外す。

#### 3.1.2 フィルタリング

フィルタリングの手順は以下の通りである。

1. 2つの長方形領域  $R_q$  および  $R_p$  について、点対称となる対称点  $A$  を算出する。
2.  $R_q$  および  $R_p$  で互いの頂点間で点対称の関係となる4本の直線を引き、2点間の距離が最短となる直線を構成する頂点をそれぞれ選択する。
3. 2. で求めた  $R_q$  の頂点と隣接する2つの頂点を選択し、各頂点から対称点  $A$  を中心に点対称の関係となる長方形  $R_p$  上の頂点に直線を引く。
4. 3. で求めた2つの直線それぞれで点  $A$  を通り直交する直線（以下、直交直線）を引く。
5. 4. で求めた直交直線に点  $A$  から垂線を引き、 $x \geq X$  と  $x < X$  の2つの領域で、直交直線と垂線の交点の  $x$  座標に応じて各領域で境界線として用いる直線を選択する。
6. 2. で選択した  $R_p$  の頂点から最遠距離となる  $R_q$  の頂点への直線について中点  $B$  を求め、5. で求めた2直線を点  $A$  から点  $B$  に平行移動する。
7. 6. で求めた2直線上を含む  $R_p$  側の長方形領域を検出する。

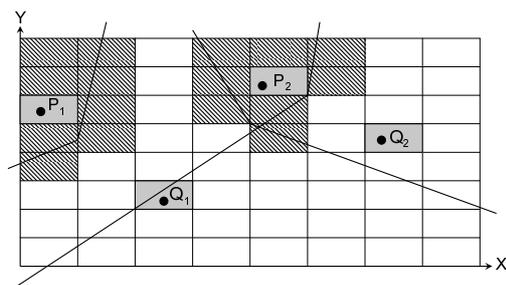


図 2: SQR 法による移動領域検出例

### 3.2 導入例

図2に、SQR法で刈取りならびにフィルタリングを行った場合の例を示す。 $Q_1, Q_2$  はクエリ、 $P_1, P_2$  はターゲットとする。空間ネットワーク環境を構成する長方形領域は、縦、横ともに8分割で構成する。1区画の長方形領域は、Geohash [3] による文字数8のhashの情報を想定して、縦19.03 m、横は30.90 mとする。

刈取りでは、 $P_1$  と  $Q_1$  の頂点間の最長距離が  $P_1$  と  $Q_2$  の頂点間の最短距離より短いため、 $P_1$  と  $Q_2$  との関係は刈取られる。このため、フィルタリングは  $P_1$  と  $Q_1$ 、 $P_2$  と  $Q_1$ 、および  $P_2$  と  $Q_2$  との間で行う。 $P_1$  の境界線は  $Q_1$  のみで設定されるが、 $P_2$  の境界線は  $Q_1$  および  $Q_2$  により設定される。このとき、境界線で区切られた  $P_1, P_2$  側の長方形領域は斜線部で表され、残りの長方形領域は新規クエリが移動可能な領域となる。

## 4 まとめ

本研究では、空間ネットワークにおいて逆最近傍検索を用いた経路検出手法を提案し、アルゴリズムを示して新規クエリが移動可能な長方形領域の検出を行った。今後は、クエリおよびターゲットが長方形領域から移動する場合を考慮した連続的な移動経路の検出手法を提案する。

## 参考文献

- [1] Taniar D. and Rahayu W.: A Taxonomy for Nearest Neighbour Queries in Spatial Databases, *Journal of Computer and System Sciences*, Vol. 79, pp.1017-1039 (2013).
- [2] Cheema M.A., et. al.: Continuous reverse  $k$  nearest neighbors queries in Euclidean space and in spatial networks, *The VLDB Journal*, Vol. 21, pp.69-95 (2012).
- [3] Geohash (online), <http://geohash.org>.