

## NA を用いたアドホックネットワークにおける 複製配置方法の提案

井上 昭<sup>†</sup> 仁平和博<sup>†</sup> 屋代智之<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 千葉工業大学

あらまし：

アドホックネットワークでは、トポロジーの変化により、端末間のリンクが切断され端末の保持データを問い合わせることができなくなる。そこで、他の端末にデータの複製を配置することで、ネットワークが分断されてもデータを得ることを可能とする複製配置方式が提案されている。しかし、端末が移動することで複製されたデータを持った端末とのリンクが切断されるため、頻繁に複製を配置しなければならないという問題がある。著者らは、位置情報を認識し、データを保持したまま特定の範囲内に存在し続ける事が可能な Nomadic Agent(NA) を提案している。本提案では、データを持った NA を複製配置することで、無駄なデータの再配置を行わずに、ユーザがマルチホップ通信で取得不可能な領域のデータを、近くの NA から取得することが可能となる。

## A proposal of replica allocation method using NA on ad hoc networks

Akira Inoue<sup>†</sup>, Kazuhiro Nihei<sup>†</sup>, Tomoyuki Yashiro<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Chiba Institute of Technology

Abstract：

In ad hoc networks, due to the change of topology, disconnection of links between terminals may occur. As a result, a terminal can not communicate with other terminals through the link. So the replica allocation methods have been proposed and in such method the information holder allocates replicas of data to other terminals. However, disconnection of links between terminal is caused by terminal movement. Therefore the data holder must replace replicas of data to other terminals often. We had proposed Nomadic Agent (NA) for pedestrians to provide efficient Location-Based Service. NA is a kind of Mobile Agent, which migrates between terminals based on its physical location. NA is able to keep its position on a specific area. In this paper, we propose replica allocation method that using NA for improving data utilization. By using this method, a terminal can get replica data from NA in the case the terminal can't communicate with data holder.

### 1 はじめに

携帯電話や PDA 端末をはじめとする携帯端末の普及とともに、GPS の搭載、短距離無線通信が可能になるなど端末の性能の向上と機能の多様化が図られてきた。

これらを背景に、インフラを用いずにその場にいる端末のみでネットワークを構築することが可能なアドホックネットワークが注目されている。

一方、携帯端末が GPS を搭載するなど位置特定が可能な場合、ネットワーク周辺で必要とされる位置に依存した情報(位置依存情報)を提供するサービス(Location Based Services - LBS)の利用が考えられている。

しかし、アドホックネットワークで LBS を可能とするには、トポロジーの変化によってネットワークが分断され遠方の領域にデータを要求できなくなるという問題を解決しなければならない。そこで、データを複製配置する方式が提案されている。例えば、Skip Copy(SC)方式

[4]では、データ発生時に発生地点から一定以内の距離に存在する端末に複製データをフラッディングし、端末が数ホップおきにこれを保持する。また、DCG(Dynamic Connectivity based Grouping)[5]では、リンク切断の可能性が低い端末間でグループを構成し、グループ内の要求頻度を基に、グループ内で優先的に複製データを配置する。これらの研究では、周辺端末にデータの複製を効率よく持たせることで、ネットワークが分断されても、各ネットワーク内の複製データを持つ端末からデータ取得が可能となる。しかし複製データを持った端末が時間とともに移動することから、複製データの再配置を繰り返さなければならないため、必ずしも効率的とはいえない。

著者らは、携帯端末のみでアドホックネットワークを構成し、端末の位置情報をもとに特定の場所でデータの収集・提供を行う Nomadic Agent(NA)[1]~[3]を提案してきた。NAとは、周辺に存在する端末間を自律的に移動することで、データを特定の場所に残し続けることが可能な一種のモバイルエージェントである。

本研究では、データを持ったNAを複製配置することで、データの利用性の向上を図る。このNAを周辺に配置し、ネットワークが分断されたとしても各ネットワークに存在するNAからデータ取得を試みることで、無駄な複製データを作成することなく、データを取得することが可能となる。

## 2 Nomadic Agent (NA)

NAとは、インフラを用いずに、GPSなどの位置情報を基に端末間を移動することで、特定の場所にデータを残し続けることが可能な一種の Mobile Agent である。

NAは、歩行者が持つ端末どうしで構成するアドホックネットワーク上を移動し、その場所の情報を管理する。そのため、情報を管理するための固定サーバを必要としない。このように特定の場所の情報をNAがその場所で管理するため、多くの歩行者が情報を欲しいと思う特定の場所に、その場所で収集したリアルタイムな情報などを存在させることが可能である。

### 2.1 NAの基本動作

図1に、NAの移動動作と移動の為に設定される各領域の範囲を示す。NAは発生時に、発生位置を基準として、情報提供に有効な範囲(情報提供範囲)を定める。NAは、情報提供範囲内で継続して情報提供を行うた

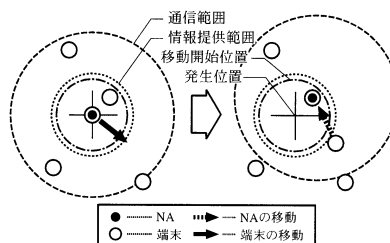


図 1: NA の移動

めに、移動開始位置を越えた場合、自律的に情報提供範囲内に移動する。NAが情報提供に有効な範囲から離れ、情報提供範囲に直接戻ることが困難な位置(生存範囲)を越えた場合、保持しているデータごとNAを消滅させることで、不必要にデータが流通することを避ける。これらの動作によって、特定の場所にデータを残すことが可能となる。

NAは発生後、定期的にブロードキャストを行う。これを受信した端末は、ブロードキャストされたメッセージを基に自身の端末の位置情報を返す。これにより、NAが周辺端末の位置情報を把握し移動することができる。

### 2.2 DNA (Dual NA)

DNAは、同じデータを持った二つのNAが情報提供範囲内で、お互いの状態を監視する方式である[3]。この方式を用いることで、端末の電源が切れるなどのアクシデントに対応すると共に、NAの生存時間を延ばすことができる。

## 3 NAを用いた複製配置方式

アドホックネットワークでは、トポロジーの変化によるリンクの切断によって、特定の領域への通信ができなくなってしまう事態が発生する。そのため、データの複製を周辺端末に持たせることで、ネットワークが分断されたとしても遠方のデータの取得を可能にする複製配置方式が提案されている。しかし、端末が複製データを持ったまま特定の領域から離れてしまうため、頻繁にデータの再配置を試みなければならない。NAは、端末間を自律的に移動することで特定の領域に長時間生存可能なことから、これを用いることで、端末の移動性の高い環境に適応できるようになる。

本提案では、このNAを利用し、特定の領域のデータを持ったNAを複製配置することで、データの利用性の

向上を図る3つの複製配置方式を提案する。また、NA間で協調動作を行うことで、各領域に適した複製データを配置する。この2つの提案によって、リンクの切断により直接問い合わせることができない場所の情報でも、近くのNAから取得可能となり、効率的にLBSを受けることができるようになる。提案方式では、より生存時間の長いDNAを用いてデータの保持を行った。

### 3.1 NAの複製配置方式

従来のNAは、発生した領域内の端末からデータを収集し、情報提供範囲内の端末にのみデータを提供していた。本提案では、NAを以下に示す各方式に従い周辺の領域に配置するため、広い範囲の情報提供サービスが可能となる。しかし、無作為にNAの複製を配置するとNA間の距離が近くなり、NAが管理する領域(情報提供範囲)が重複することによって、管理しているデータの有用性が低下してしまう。NAが、すきまなく密にかつ効果的に広い範囲をカバーできるように、複製を行うNAを基準として、周辺を正六角形の領域に分割し、その中心を複製するためのNAの発生位置とした。この正六角形の一辺の大きさは、通信半径の1/2とし、NAが存在する領域に隣接した領域へNAが配置されないようにすることで、NAが管理する領域の重複を避けた。なお、この分割された領域を以降セルと呼び、このセルごとにNAはデータ管理を行う。提案方式では、以下の方式に従い他のセルにNAの複製を配置する。

#### 単純複製方式

NAは4章で述べる協調動作を行い、他のNAと収集したデータを共有することができる。この協調動作によって、NAは遠方の領域のデータを収集することが可能となる。しかし、より多くの周辺領域のデータを取得するには、NAを広い範囲に密に配置する必要がある。そこで単純複製方式は、図2のように一定距離離れたセルにすきまなくNAの複製を配置する。この方式によって、NAの複製が広い範囲をカバーするために、全ての端末が近くのNAから広い範囲のデータを取得することが可能となる。

#### アクセス頻度依存複製方式

NAは自身の周囲に存在する各端末が発生させたデータ要求メッセージを受信し、各端末がデータ要求を行う領域の判別を行う。この情報を蓄積し、各領域に対

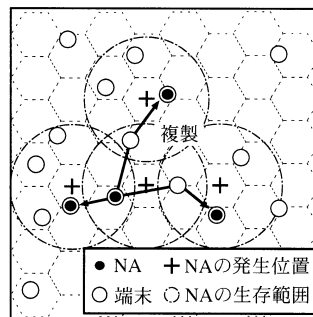


図 2: 単純複製方式

するデータ要求頻度とする。これを利用し、データ要求頻度が高いセルに対してNAの複製を配置する。NAは特定の領域に長時間データを保持することができるため、複製されたNAがその領域のデータを保持することで、要求頻度の高いデータの消滅を回避し、データの利用率を高めることができる。また、4章で述べるNA間の協調動作を行い、他の領域のNAにデータの複製を渡すことで広い範囲に要求頻度の高いデータを配置することが可能となる。

#### 人口密度依存複製方式

データを取得したい端末とNA間のホップ数が少なくなれば、その間でリンクの切断が起こる確率は低くなる。そこでこの方式では、人口密度の高い領域に優先してNAの複製を配置することで、NAと多くの端末とのホップ数を少なくし、データ取得の確率を向上させる。人口密度の判別は、アクセス頻度依存複製方式と同様に、NAが各端末から受信した要求メッセージを利用し、送信者が存在するセルを判別することで可能である。送信者の多いセルに複製を行うことで、少ないホップ数でのデータ取得が可能となる。また、時間経過と共に端末が移動し、各セルの人口密度が変動することから、一定時間ごとに計測した要求頻度を初期化し、人口密度を再計測する。

## 4 NA間の協調動作

従来のNAは、自身が管理する領域のみでデータの収集や提供を行い、周辺に存在するNAとの協調動作は考えていない。そのため、複製されたNAが従来のNAと同様の動作を行った場合、複製時の初期データ以外には遠方の領域のデータを取得する事ができなかつ

た。また、データの更新を考慮した場合、遠方のデータは更新することができないため、時間と共に古いデータは利用することができなくなる。さらに、既に NA が存在しているセルに、重複して NA の複製配置を行う可能性がある。そこで、各 NA が周囲に存在する NA を探索し、必要に応じてデータの取得や更新、NA の発生位置の把握を行う。

#### 4.1 NA の探索・生存確認

各 NA は、一定時間ごとに周辺の NA を探索するメッセージをフラッディングする。この時、フラッディング範囲を制限することで、不必要なメッセージが転送されることを避ける。周辺に存在する NA を把握することを目的としているため、フラッディングの範囲は周辺に存在する NA の生存範囲がカバーできる大きさとする。フラッディングされたメッセージを受信した NA は、自身の発生位置と保持しているデータのリストを応答メッセージに添えて返信する。このデータリストは、データそのものではなく、データ ID や発生位置、データ生成時刻といったデータのリストである。これにより、周辺の NA の発生位置や保持するデータを把握することが可能となる。ただし、アドホックネットワークでは、リンクの切断が頻繁に起こることから、一回の探索で周辺の NA をすべて把握することは困難である。そのため、数回にわたって行った探索を一セットとし、セット間隔で周辺の NA を把握する。これを基に、NA 間のデータの取得や更新、既に NA が存在している領域に重複して NA の複製を配置することを避ける。

#### 4.2 NA 間でのデータ取得

各 NA は、協調動作によって自身が持っていない要求頻度の高いデータを優先的に収集することができる。NA は、自身の保持データに要求頻度の多いデータが存在しない場合、前述の動作で得た周辺 NA の保持データリストを利用して、必要なデータを保持している NA からデータを取得する。NA は、特定の領域に留まるために常に端末間を移動しているため、過去の探索で応答した端末に NA が保持されているとは限らない。そこで位置情報を基に、ある特定の領域に対して問い合わせることが可能な Geocast を用いる。しかし、リンクの分断によりデータの取得に失敗する可能性がある。この場合、再びリンクが繋がるまでその NA と通信ができないことから、無駄なパケットの送信を避けるた

めに、一セットの時間内に行うデータ要求およびデータの応答は、一度のみとした。このように、他の領域の NA と協調動作を行うことで、各 NA が管理する領域のデータのみならず、広い範囲のデータを保持することが可能となる。

#### 4.3 NA の削除

3.1 節の NA の複製配置方式で述べたように、NA が存在するセルに隣接したセルには NA の複製配置を行わない。このため、定期的にフラッディングを行い周辺に存在する NA を探索している。しかし、NA の探索範囲外に存在する NA について把握することができない。NA が探索範囲外縁部に自身の複製を配置した場合、NA が存在するセルに隣接したセルである可能性がある。このとき複製された NA は、NA の探索によって隣接した NA を把握し、保持データの少ない NA を不必要と判断して削除する。

### 5 シミュレーションと評価

#### 5.1 比較対象

提案方式を評価するために、同じ LBS を想定している Skip Copy(SC) 方式と比較を行った。

SC 方式とは、データ発生時に複製データをフラッディングし、数ホップおきに中継端末がこれを格納することで、データの利用率を高める方式である。シミュレーションでは、2 ホップおきに複製を配置した。また、発生位置を中心に複製配置を行う範囲の半径を 300m とし、フラッディングの制限を行った。さらに、端末が移動してデータが特定の領域から離れてしまうことの対策として、複製データの再配置を行った。再配置方法として、データの要求を受けた時に、応答時の中継端末に複製を行うようにした。このとき、データ発生時と同様に、2 ホップごとに複製を配置し、300m の複製範囲を設けて複製の制限を行った。シミュレーション内で、このように設定した SC 方式と提案方式の比較を行う。

#### 5.2 シミュレーション条件

シミュレーションの歩行者移動モデルには、ランダムに移動距離と移動方向を決定する Random Waypoint Model を用いた。端末が移動によりシミュレーション範囲外へ出た場合、全ての保持データを削除し、新規の端末として対称座標から再入する。これにより、不

特定多数の歩行者がある領域を通りすぎる環境を構築した。シミュレーション条件を表 1 に示す。

表 1: シミュレーション条件

| パラメータ            | 値                               |
|------------------|---------------------------------|
| シミュレーション範囲       | 1km × 1km                       |
| 人口密度             | 50~150 人 / km <sup>2</sup>      |
| 歩行者の移動速度         | 0.9~1.7m/s(平均値が 1.3m/s の正規分布乱数) |
| 端末の通信範囲          | 半径 100m                         |
| キャッシュデータ数        | 50~150 個                        |
| NA が占めるキャッシュ量の割合 | 90%                             |
| NA の情報提供範囲       | 半径 50m                          |
| NA の移動開始位置       | 半径 45m                          |
| NA の生存可能範囲       | 半径 150m                         |
| NA の探索範囲         | 半径 450m                         |
| NA の配置間隔         | 100m                            |
| NA の探索時間間隔       | 15s                             |
| NA 間のデータ取得時間間隔   | 60s                             |

### 5.3 データの発生

位置依存情報の発生や端末がデータを要求する領域として、シミュレーション範囲を 100m × 100m に分割した正方形領域を用いた。この正方形領域を以降データ領域と呼び、各端末は、このデータ領域に対して、データ要求を行うものとした。また、全ての端末で、このデータ領域を既知とした。

各端末は、平均 60 秒のポアソン分布の間隔で、現在の位置に対するデータ領域に位置依存情報を発生させる。この位置依存情報は、発生時間に関係なく各領域ごとに同じ情報とした。また、発生時間やデータの更新について、特に考慮しないものとした。

### 5.4 データの要求・応答

アドホックネットワークでは、一般にあるデータを持った端末のアドレスや端末の存在をあらかじめ把握することはできない。しかし、本提案では LBS を想定しているため、目的のデータが発生するデータ領域付近に存在する端末がそのデータを持っている可能性が高い。そこで、地理的な領域（データ領域）に対してデータの要求を行う Geocast を用いる。Geocast は、送信者より目的地に近い範囲をフラッディングによる転送領域とし、中継することによって転送領域を再構築するものである。ここでは、Geocast によるデータ要求は、データ領域に対して行った。

データ要求を行った端末がデータを取得した場合、これをキャッシュに保存する。キャッシュの空きが無い場合には、LRU(Least Recently Used) 方式を用いてデータの破棄を行う。LRU 方式とは、最も要求頻度の

少ないデータを優先して破棄する方式である。各端末は、要求メッセージを受信した際に、どのデータ領域に対して問い合わせが行われたかを判別し、この情報を蓄積することで最も要求頻度の少ないデータを判断する。

### 5.5 データ要求モデル

位置に依存したデータに対する要求は、アプリケーションや利用形態により異なる。ショッピングなどでは、自身の近くに存在する店舗のデータに対する要求頻度は高くなるが、行動範囲外となる遠くの店舗のデータについてはほとんど要求が無いものと考えられる。また、観光地などでは、人気のある観光スポットに対するデータの要求頻度が高く、その他の領域に対する要求頻度は低いものと考えられる。このように、データの要求状態には様々なものが考えられるため、以下の 3 つのデータ要求モデルを使用し、提案方式の評価を行った。

#### 一様分布モデル

各端末は一様乱数に従い全ての領域から一つの領域を選択し、そこへデータの要求を行う。このモデルは他のモデルとの比較に用いる。

#### 近隣優先モデル

イベント会場などでの利用を想定し、各端末は近くのデータ領域に対して優先的にデータの要求を行う。このモデルでは、各データ領域ごとに他のデータ領域に対する要求確率を決定する。各端末は、自身の現在位置から属しているデータ領域を判別し、データ領域ごとに設定された要求確率に従いデータの要求を行う。

要求確率は、データ領域間の距離を近い順に順位付けしたものを近隣度  $k$  とし、式 (1) の Zipf の法則を用いて決定する。Zipf の法則とは、ある文書中に出現する英単語を出現頻度順に順位付けし、 $k$  番目の単語の出現頻度が全体の占める割合の  $1/k$  に比例するという経験則である。これを用いることで、近隣度  $k$  の高い領域ほど、高い確率で要求されることとなる。

$$f(s) = \frac{\frac{1}{k}}{\sum_{n=1}^N \frac{1}{n}} \quad (1)$$

## 人気スポットモデル

観光案内のように人気のある特定の領域(スポット)に対してのみ多くの要求が行われる環境を想定し、データの要求を行う。このモデルは、各領域にランダムに領域番号  $k(1 \leq k \leq n)$  を設定し、Zipf の法則 (式 1) により各領域の要求確率を決定する。

## 5.6 NA に対するデータ要求

各端末は、NA が一定間隔で行っているブロードキャストを受信することで、周囲に NA が存在することを把握する。また、ブロードキャストに含まれる保持データリストを取得することで、周囲の NA の保持データを知ることができる。これを利用して、周囲の NA が求めているデータを保持していた場合に、その NA に対してデータの要求を行う。これは、中継端末がデータ要求パケットの転送を行う場合も同様であり、周囲の NA がデータを持っていた場合は転送を中止し、その NA に対してデータの要求を行う。この動作によって、端末が近くの NA からデータを取得することが可能となることから、ホップ数が少なくなりデータと端末のリンクが切断する確率が低下する。また、通常の Geocast によるデータ要求時と比べ、トラフィックを軽減することができる。

## 6 結果と評価

提案方式のデータ取得率と複製回数の結果から、提案方式の有用性を評価すると共に、提案方式と SC 方式を比較することで、本提案の有効性を示す。

全ての方式で、5000 秒までにデータ取得率の値がほぼ一定な値を示した。通常動作時の評価を行うため、5000 秒時点の結果を用いて考察を行った。

### 6.1 データ要求モデルによる影響

提案方式が様々な状況に対応できるのかを評価するために、各データ要求モデルに対するデータ取得率の評価を行った。データ要求モデルによるデータ取得率を図 3~図 5 に示す。提案方式では全ての結果で SC 方式よりも良い結果となっていることが分かる。これは、複製された NA 間で協調動作を行っているためであり、各 NA が自身の周辺のデータ以外にも、広い範囲のデータを多く保持していることで、どの領域に対するデータ要求にも高い確率で答えることができることが理由である。このことから、提案方式ではデータの取得率

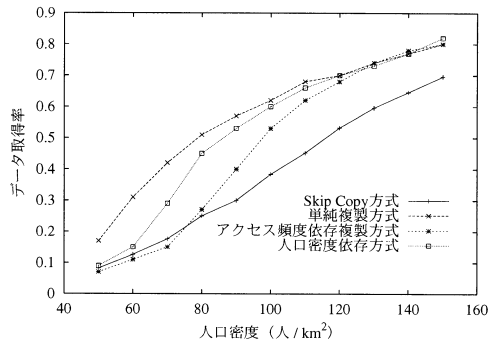


図 3: 一様分布モデル

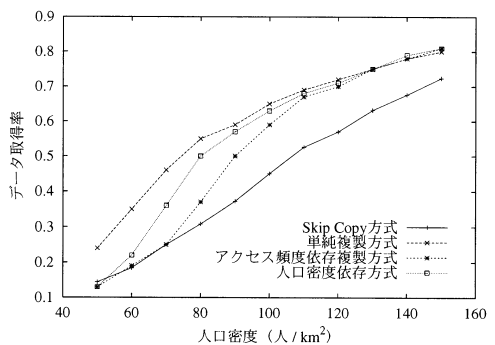


図 4: 近隣優先モデル

が高くなっているものと考えられる。全ての方式で、近隣優先モデルの結果が最も良い結果となった。また、結果の傾向は、どの要求モデルも変らなかったため、以降の結果には全て近隣優先モデルを利用したものをを用いる。

### 6.2 キャッシュサイズによる影響

NA は自身が管理する領域に加え、協調動作によって広い範囲のデータ保持を行う。そのため、端末のキャッシュサイズが大きければ、最大データ保持数が多くなり、より広い範囲のデータを収集することができ、周囲の端末からのデータ要求に答えることが容易になる。この点を評価するため、キャッシュサイズを変更し評価を行った。キャッシュサイズによるデータ取得率を図 6、データ複製回数を図 7 に示す。提案方式では、キャッシュサイズが増えるに連れ、データ取得率が高くなっている。このことから、提案方式が NA の協調動作に

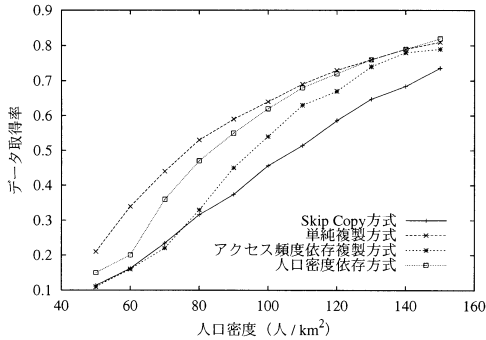


図 5: 人気スポットモデル

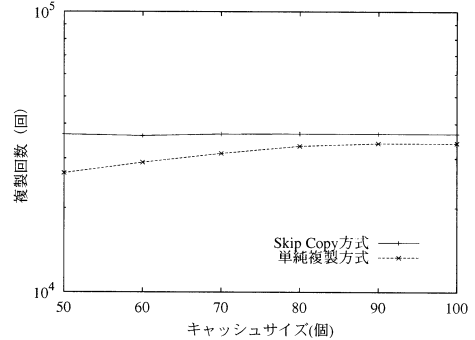


図 7: キャッシュサイズ

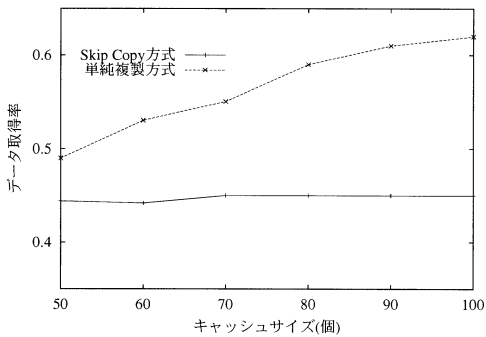


図 6: データ取得率

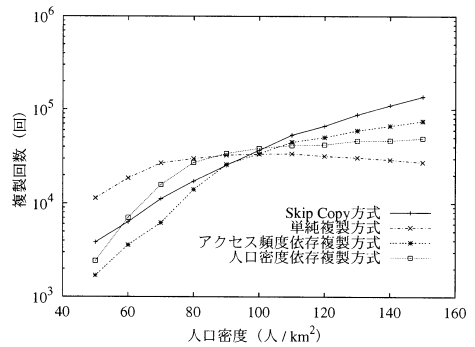


図 8: データ複製回数

よって、有効にキャッシュを使い、広い範囲のデータを取得すると共に、NA がデータを長時間保持することで、多くのデータ要求に答えることができたといえる。SC 方式では、キャッシュサイズによらずほぼ一定の取得率となっている。本研究では、5 章で述べたようにシミュレーション範囲への出入りを考慮しているため、各端末がシミュレーション範囲内に存在している間に取得可能なデータ数が限られる。そのため、SC 方式では利用可能なキャッシュが大きくても、ほとんど利用できないことから、キャッシュサイズによる影響が少ないものと考えられる。

### 6.3 人口密度による影響

実環境では、時間経過と共に人口密度は変動する。そこで、本提案が人口密度の変動に適応できているかを見るため、人口密度ごとのデータ取得率とデータ複製回数によりこれを評価した。人口密度ごとのデータ取

得率を図 4 で評価し、データ複製回数を図 8 に示す。提案方式では、人口密度によらず高いデータ取得率となっていることがわかる。また、人口密度が  $100 \text{ 人}/\text{km}^2$  以上では SC 方式と比べ、少ない複製回数で高いデータ取得率となっている。NA では、人口密度が高くなるに従い生存時間をのばすことができるため、複製データを持った NA の再配置をする必要がない。そのため、頻繁にデータの複製を配置する必要がなくなり、複製回数が抑えられた。また、NA の協調動作によって、広い範囲のデータを収集し、多くのデータを保持することが出来るため良好な結果となった。

単純複製方式では、常に自身の周囲に NA の複製を配置するため、人口密度によらず高いデータ取得率となっている。図 8 より、人口密度の低い場合には特にデータ複製回数が多く、人口密度が高くなると他の方式と比べて複製回数が少なくなっている。人口密度が低い場合、NA は長時間生存することが出来ず、消滅してしまう。この方式では、常に周辺に NA の複製を

配置するため、頻繁に NA の複製の再配置が行われることになる。そのため、NA 複製時に複製されるデータ数も多くなり、ネットワークトラフィックが増大してしまう。しかし、人口密度が高くなると、一度複製された NA がそのまま生し続けるため、複製データを持った NA の再配置が行われない。また、単純複製方式は、人口密度が高い場合に、NA の周辺に常に NA が存在することから、NA の協調動作が容易に行われ、複製回数が下がっている。

アクセス頻度依存複製方式と人口密度依存複製方式では、単純複製方式と比べて人口密度が高い場合、データの複製回数が多くなっている。この方式では、NA の探索範囲外でも複製を行っているため、既に NA が存在しているセルやそれに隣接したセルに複製を配置している場合がある。この場合 NA が管理する領域が重複することになり、保持しているデータの有用性が低下してしまうため、NA の削除が行われる。しかし、複製配置を行った NA は、配置を行った NA が削除されたことを知ることができないため、何度も再配置してしまう。このため、データの複製回数が多くなってしまった。NA が消滅した際に、生成した NA に対して、隣接した NA が存在することを伝えることでこのような無駄な NA の再配置を避けることができる。

## 7 まとめ

アドホックネットワークを利用して位置情報サービスを行う場合、端末の移動によるトポロジの変化や、リンクの分断が問題となる。これに対し、既存研究の多くは複数の端末にデータの複製を配置することで、データを特定の領域に留めている。しかし、端末の移動により複製されたデータが特定の領域から離れてしまうため、頻繁にデータの再配置を行う必要がある。これらの問題を解決するために、本研究では NA の複製配置方法と協調動作について提案した。本論文では、NA の複製配置が移動性の高い環境で有効であることを示すために、端末がある領域を通過することを想定したシミュレーションを用いて評価した。

シミュレーション結果より、NA を利用し、ある領域のデータを持った NA を他の領域に複製配置することでデータの取得率を向上させることができた。提案方式では、データ要求を行った端末がデータを格納する以外は、各領域に存在する NA 間でデータの複製を行っているため、人口密度によらず効率的にデータの複製を配置することが可能である。また、NA で利用

可能なキャッシュ領域が大きい場合、特に良い結果となっている。近年では、携帯電話をはじめとする携帯端末の大容量化が進んでいるため、容易に NA による位置情報サービスを利用することが可能になるものと思われる。

データ要求モデルの結果より、要求モデルによらず平均して高いデータ取得率となっていることがわかる。このことより、NA 間で協調動作を行うことで、どのような要求に対しても高い確率で対応することが可能となった。

これらの結果より、本研究で提案した NA の複製配置と協調動作を用いることで、NA が広い範囲のデータを共有することが可能となり、利用範囲を拡大した場合にも効率的な位置情報サービスを行うことができるようになった。

今後は、データの更新を考慮したシミュレーションを行うと共に、NA 間での協調動作をより高度に行うことで、より効果的に NA を動作させることが可能になるものと考えられる。

## 参考文献

- [1] 八木啓介, 屋代智之.「Agent を用いてその場にチャットコミュニティを存在させるシステムの構築」, 情報処理学会第 9 回高度交通システム研究会, Vol.2002, No.48, pp.93-100 (2002).
- [2] 屋代 智之, Thomas F. La Porta.:「Nomadic Agent System: インフラに依存しない位置情報サービス提供システム」, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.12, pp.2952-2962 (2005).
- [3] 仁平 和博, 井上 真吾, 沖原 光晴, 屋代 智之.「位置情報提供サービスが可能な Nomadic Agent の耐障害性に関する提案」, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.12, pp.2963-2972 (2005).
- [4] 田森 正紘, 石原 進, 水野 忠則.「アドホックネットワークにおける移動体の位置を考慮した複製配布方式」, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2001) シンポジウム論文集, IPSJ Symposium Series, Vol.2001, No.9, pp.31-36 (2001).
- [5] 原 隆浩.「アドホックネットワークにおけるデータ利用性向上のための複製配置」, 電子情報通信学会と文論文誌 B, Vol.J84-B, No.3, pp.632-642 (2001).