

【奨励講演】 Geo-Centric 情報プラットフォームにおける 時空間コンテンツの重み付け検索手法の提案

樋口 伸伍[†] 長尾 健太郎[†] 妙中 雄三[‡] 永田 晃^{‡‡} 田村 瞳^{‡‡‡} 塚本 和也^{††}

[†]九州工業大学大学院 情報工学府 先端情報工学専攻 〒820-8502 福岡県飯塚市横田川津 680-4

[‡]奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 〒630-0192 奈良県生駒市高山町 8916-5

^{‡‡}株式会社 iD 〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前1丁目7-22 第14岡部ビル8F

^{‡‡‡}福岡工業大学 工学研究科 電子情報工学専攻 〒811-0925 福岡県福岡市東区和白東 3-30-1

^{††}九州工業大学大学院 情報工学研究院 〒820-8502 福岡県飯塚市横田川津 680-4

E-mail: †{higuchi, nagao}@infonet.cse.kyutech.ac.jp, ‡yuzo@is.naist.jp, ‡‡a-nagata@intelligent-design.co.jp
‡‡‡h-tamura@fit.ac.jp, ††tsukamoto@cse.kyutech.ac.jp

あらまし 先行研究では、地理空間を意識した多種多様な地域の IoT データ(異分野データ)の収集、処理、取得を行うため、Geo-Centric(GC)情報プラットフォームを提案している。GC 情報プラットフォームでは、地域で収集される異分野データを組み合わせて様々な事業者がコンテンツを生成し、それぞれの地域でユーザにサービスを配信する。この環境では、異分野データの組合せにより生成されるコンテンツをその利用者が予め知ることは困難である上、データの収集状況によっては検索時点でコンテンツが未生成の場合があるため、ユーザが要求するべきコンテンツを検索することは困難である。そこで本稿では、コンテンツが生成された地域の位置に加え、コンテンツ生成時に用いたデータ属性に関する統計情報とユーザが所望するコンテンツの重要度をマッチングすることで適切なコンテンツを検索する手法を新たに提案する。シミュレーション結果から、検索要求の偏りがフラットな場合ほど、提案手法が有効であることを明らかにした。

キーワード Internet of Things, IPv6, コンテンツ検索, 情報アーキテクチャ, 地理空間情報

【Encouragement Talk】 Proposal of Weighted Search Method of Spatio-Temporal Content in Geo-Centric Information Platform

Shingo HIGUCHI[†] Kentaro NAGAO[†] Yuzo TAENAKA[‡] Akira NAGATA^{‡‡}

Hitomi TAMURA^{‡‡‡} and Kazuya TSUKAMOTO^{††}

[†]Graduate School of Computer Science and System Engineering, Kyusyu Institute of Technology

[‡]Graduate School of Science and Technology, Nara Institute of Science and Technology

^{‡‡}iD Corporation ^{‡‡‡}Graduate School of Engineering Fukuoka Institute of Technology

^{††}Faculty of Computer Science Engineering, Kyusyu Institute of Technology

E-mail: †{higuchi, nagao}@infonet.cse.kyutech.ac.jp, ‡yuzo@is.naist.jp, ‡‡a-nagata@intelligent-design.co.jp
‡‡‡h-tamura@fit.ac.jp, ††tsukamoto@cse.kyutech.ac.jp

Abstract Our research group has proposed a concept of Geo-Centric a new information architecture, Geo-Centric (GC) information platform, that collects various local information from IoT devices, process the information locally, and provide IoT services to local people. In the GC information platform, service contents are generated by combining different sorts of data, and services are provided to users in each area. In this environment, it is difficult to find an appropriate content requested by the user. This is because that a user does not know the detail of dynamic contents in advance, and contents is not present yet at the time of search due to limited IoT data. In this paper, we propose a search method for GC information platform. It handles the location information where a contents made as well as match ratio of statistical data attribute, which is collected at when the contents is created, and a priority designated by a user. Simulation results reveal that the suggestion hand is more effective as the bias of the search request is flat.

Keywords Internet of Things, IPv6, Content search, Information architecture, Spatio-temporal information

1. 研究背景・課題

近年，人々の生活圏内のモノ／ヒト等をセンシングして得られる異分野データを連携させ，生活品質を向上させる IoT サービスが注目されている[1]．我々の研究グループでは，地域に分散する IoT 機器の種類やその管理者に依存せず，IoT データを二次利用する事を目的として，地理空間を意識したデータ(時空間データ)の収集，処理，取得を行う Geo-Centric(GC)情報プラットフォーム[2]を提案している．GC 情報プラットフォームでは，空間を経度緯度に基づいて階層構造のあるメッシュ形状に分割し(図 1)メッシュ構造に対応したネットワークを構成する．

この各ネットワーク内には 2 種類のエッジサーバ(データ蓄積サーバと異分野連携サーバ)を配置する(図 2)．データ蓄積サーバには，メッシュに対応した地理空間範囲内の全ての時空間データが収集され，異分野連携サーバはデータ蓄積サーバから多種多様な時空間データを取得し，組み合わせて新たな時空間コンテンツを生成する．

収集するデータは，IoT 機器の種類や移動により，その収集間隔やデータ量，存在自体までも時々刻々と変化する．これにより，コンテンツ生成者は収集したデータに応じて動的に時空間コンテンツを生成することになる．従って，ユーザはコンテンツ生成者(異分野連携サーバ)が保持するコンテンツを事前に把握できないため，所望するコンテンツ発見が困難となる．

そこで本研究では，ユーザが時空間コンテンツを適切に発見するための検索手法として，コンテンツが生成される物理位置情報に加え，コンテンツ生成時に取得可能なデータ属性の統計情報とユーザ要求の優先度をマッチングし，適切なコンテンツを検索する手法を提案する．2 章では，先行研究や想定環境，及びその環境下でのコンテンツ検索要件を述べる．3 章では，提案手法について説明し，4 章で比較手法や評価指標を説明する．5 章でシミュレーションの考察を行い，6 章でまとめる．

2. GC 情報プラットフォームにおけるコンテンツの検索要件

2.1. 物理位置調和型通信

先行研究[2]では，図 2 のメッシュに対して特別なネットワークアドレスを割り当てることで物理位置に基づく通信経路制御を実現する物理位置調和型通信技術を提案した[3][4]．この物理位置調和型通信を利用することで時空間コンテンツ検索時に，位置情報を意識した検索が可能となる[5]．

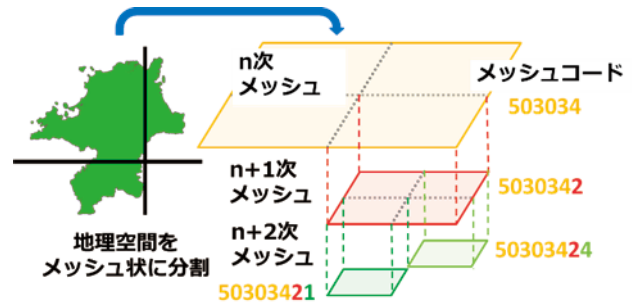


図 1: GC 情報プラットフォームのネットワーク構造

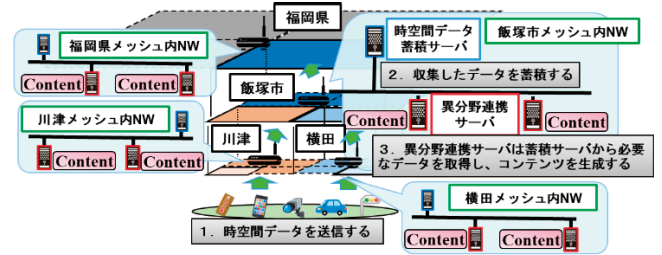


図 2: GC 情報プラットフォームの想定環境

2.2. GC 情報プラットフォーム上でのコンテンツ生成形態

各メッシュ内のデータ蓄積サーバはその地域の管理者(自治体など)が設置する事を想定し，異分野連携サーバはデータ蓄積サーバ内に保管されているその地域の時空間データを活用し，サービスを展開する事業者が設置することを想定する．そのため本研究では，GC 情報プラットフォーム内にデータ蓄積サーバは 1 台，異分野連携サーバは複数存在すると想定する[6]．

加えて，各メッシュ内に設置されるメッシュルータとデータ蓄積サーバ，異分野連携サーバ間の通信には，Pub/Sub モデルの利用を想定する．具体的には，メッシュルータを Publisher，データ蓄積サーバを broker，

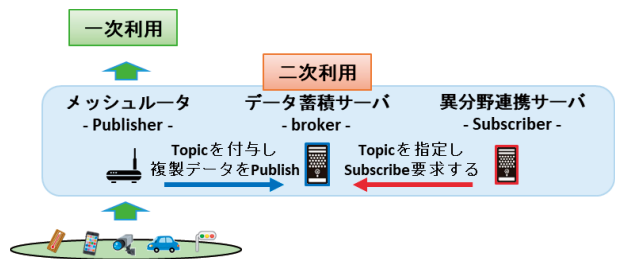


図 3: GC 情報プラットフォームの概要図

異分野連携サーバを Subscriber とする．まず，Publisher であるメッシュルータは IoT 機器が送信したデータを複製後，そのデータのカテゴリを示すトピックを付与した上で，broker であるデータ蓄積サーバへ向けて Publish する．一方，Subscriber である異分野連携サーバは取得したいデータのトピックを指定しデータ蓄積サーバに対して Subscribe 要求を行うことで，時空間コンテンツを生成する．なお，本研究では，異分野連

携サーバは一回の **Subscribe** 要求に複数のトピックを含める事ができ、返信結果から一つのコンテンツを必ず生成するものとする。

2.3. ユーザによるコンテンツ検索要件

コンテンツを要求するユーザは、リアルタイムに生成される時空間コンテンツの発生場所、時刻が分からないため、曖昧な検索を行う必要がある。そこで、GC 情報プラットフォーム内の時空間コンテンツをユーザが検索する際の要件を以下に示す。

要件 1：物理位置の指定

GC 情報プラットフォームでは、同種類の時空間コンテンツでも、福岡県や飯塚市のようにコンテンツが利活用される地理範囲が異なるという特徴がある。よって、GC 情報プラットフォームで検索を行うためには、ユーザはコンテンツを検索する地理範囲(メッシュ)を指定することが必要となる。

要件 2：キーワード以外のコンテンツの指定

ユーザはリアルタイムに生成される時空間コンテンツの発生場所、時刻が分からないため、動的コンテンツのコンテンツ名や明示的なキーワードを指定する従来のコンテンツ検索は困難である。そこで、コンテンツ名やキーワード等とは異なる新たな検索方法を考案する必要がある。

要件 3：ユーザの曖昧な要求に対応した検索

GC 情報プラットフォーム内の異分野連携サーバでは、多種多様な時空間データを連携し、今までにない時空間コンテンツが生成されることが予想される。そのため、ユーザは明確なコンテンツを意識することが難しい。そこで、興味のあるトピックを指定するような、ある意味“曖昧”なコンテンツ検索を行う事が予想される。また、指定する興味あるトピックに対して優先順位を持っていることが予想されるため、ユーザの要求する情報の優先順位を考慮し、指定されたトピックに関連するコンテンツを発見できることが求められる。

3. 提案手法

3.1. コンテンツ検索手法の動作概要

データ蓄積サーバはメッシュ内に存在する全ての異分野連携サーバからコンテンツ生成に際して **Subscribe** 要求を受けるため、各異分野連携サーバから要求されたトピックに関する統計情報を保持することができる。

ユーザは指定したトピックから生成されたコンテンツを取得するために検索を行うが、メッシュ内の機器を意識できないため、異分野連携サーバへ直接検索要求することができない。

そこで本提案手法では、各異分野連携サーバからの問い合わせ履歴を保持しているデータ蓄積サーバで、

ユーザからの検索条件に最もマッチする異分野連携サーバを推定して、検索パケットを転送することで、適切なコンテンツの発見確率の向上を目指す。具体的には、データ蓄積サーバは異分野連携サーバごとにトピックの要求回数のみを記録しておき、これを基にトピック別の **Subscribe** 要求確率を導出する。各異分野連携サーバが保持するコンテンツ数と **Subscribe** 要求確率から、各トピックが含まれるコンテンツ数に関する期待値を導出する。

一方、ユーザによるコンテンツ検索に着目すると、ユーザは所望するトピックを複数個指定でき、その優先度も指定できることを想定する。そのため、本研究では、コンテンツ検索パケット内の高優先度トピックが含まれるコンテンツ数が多く含まれる異分野連携サーバからコンテンツを取得することで、確実なコンテンツ検索が可能となる点に着目し、次節において説明する手法を提案する。

3.2. ユーザによるコンテンツ検索要件

コンテンツ検索を行うユーザは、以下の項目を検索パケットに指定する。

項目 1：位置情報(mesh-code)

2.3 節で述べた要件 1 を満たすため、物理位置調和型通信を活用する。ユーザが特定の物理位置に存在するコンテンツを要求する場合、要求する地理範囲に対応した **mesh-code** を、物理位置調和型アドレス内の **mesh-code** 空間に埋め込み、検索パケットを送信することで、指定したメッシュに検索パケットが到達できるため、その後、指定した地理範囲内に存在するコンテンツを検索する。

項目 2：複数トピックの種類

本研究では、ユーザは具体的なコンテンツを意識せず、興味のあるトピックを複数個指定し、そのトピックに基づくコンテンツを検索することが予想される。

項目 3：トピックに対する重要度

検索要件 3 を満たすために、ユーザは指定した複数のトピックに重要度を指定する。

3.3. 提案手法：要求マッチング型検索

3.2 節で定義した内容を含む検索パケットは、最初は物理位置調和型通信に基づいて、メッシュルータまで到達する。その後、メッシュルータはその範囲内の全データを管理するデータ蓄積サーバに検索パケットを転送する。このデータ蓄積サーバは前述したように、異分野連携サーバからコンテンツ生成時に **Subscribe** 要求を受信するため、コンテンツに含まれるトピックに関する統計情報を保持している。そこで本研究では、データ蓄積サーバにおいて、「異分野連携サーバから受信した **Subscribe** 要求に基づく各トピックの人気度」と「ユーザ要求に含まれるトピック毎の重要度」のマ

ッチングを行うことで、ユーザが所望するコンテンツを多く保持する異分野連携サーバを推定し、検索パケットを転送する。具体的な手順を以下に示す。

データ蓄積サーバは、各異分野連携サーバから受信した **Subscribe** 要求から、以下の情報を保持可能であるものとする。

- N_{sub} : 異分野連携サーバ毎の **Subscribe** 要求回数 (今回の前提では、異分野連携サーバが持つコンテンツ数と等しくなる)
- T_i : 異分野連携サーバ毎のトピック i の要求回数
- T_{all} : 異分野連携サーバ毎の要求トピックの総数

上記の情報を基に、ユーザからの検索パケットを転送する異分野連携サーバの決定方法を以下に示す。

1. **subscribe** 要求の頻度が高いトピックはコンテンツ生成にも頻繁に利用されていると想定し、異分野連携サーバ毎にトピック i に対する **Subscribe** 要求確率 P_n を導出する。

$$P_n = \frac{T_n}{T_{all}}$$

(n = 検索パケットのトピック数)

P_n の値が大きければ、その異分野連携サーバはトピック i が含まれるコンテンツを多く保持していることになる。

2. 検索パケットに含まれる重要度が予め設定した閾値を超えるトピックの組み合わせを導出する。検索パケットに指定されたトピック i の重要度 I_i の総和が閾値 α を超えるトピックの組合せ **Comb** と組合せのパターン数 Pt を求める。異分野連携サーバが要求コンテンツを持つ期待値 $E[X]$ を求めるために、異分野連携サーバが組合せ **Comb** を持つ確率 $P(Comb)$ を導出し、 $P(Comb)$ と異分野連携サーバの **Subscribe** 回数 N_{sub} の積を行う。期待値 $E[X]$ の値が最も大きい異分野連携サーバは、ユーザの要求するコンテンツを多く持っている可能性が最も高いため、データ蓄積サーバはユーザから送信された検索パケットを転送し、検索を行う。

$$E[X] = \sum_{k=0}^{Pt} P(Comb) * N_{sub}$$

異分野連携サーバは検索パケットに指定された重要度の合計が閾値 α を超えるトピックの組み合わせを含むコンテンツを検索した上で、該当する全てのコンテンツをユーザに返信する。

4. 性能評価

4.1. 実験環境と評価指標

4.1.1. 実験環境

本研究では、検索パケットとして物理位置調和型通信を活用し、ユーザは地理範囲を指定してコンテンツ検索を行うことは実装されていると仮定する。本研究では、ユーザが指定したメッシュのネットワーク内に存在するコンテンツを検索することに注目して、評価を行うため、メッシュ数を1階層とする。

本研究で想定する GC 情報プラットフォーム内のトポロジ図を図4に示す。メッシュ内に存在する異分野連携サーバは複数台存在し、各異分野連携サーバは特定のトピックを多く **Subscribe** 要求するように偏りを持たせる。具体的には、**Subscribe** 要求時に特定のトピックを取得する確率を 30%, 50%, 80% と設定し、異分野連携サーバ毎に異なるトピックを多く要求する環境を想定する。生成コンテンツを構成するトピック数はランダムに設定する。また、複数のユーザから検索が行われることを想定し、トピックに割り当てる重要度を、特定のトピックに重要度を大きく指定した場合、各トピックの重要度が線形的に変化する場合、各パケットの重要度の差がほぼ見られないフラットな場合で検索を行う。検索パケットに指定する複数のトピック、トピック数をそれぞれランダムに生成する。本シミュレーションでは、表1のようにパラメータを設定する。10人のユーザから検索が行われることを想定し、10通りの検索パターンでコンテンツを検索する。また、サンプリング数を5とし、比較手法と提案手法の評価を行う。

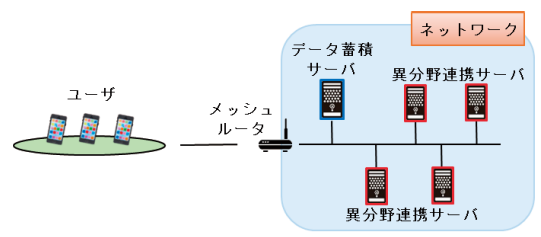


図4：シミュレーションで想定するトポロジ図

表1：シミュレーションパラメータ

| パラメータ名 | 値 |
|------------------------|-----------|
| 異分野連携サーバ数 | 10 [台] |
| 一台の異分野連携サーバが生成するコンテンツ数 | 1000 [種類] |
| 連携トピック数 | 2 ~ 5 |
| 環境内のトピック数 | 10 [種類] |
| 重要度の合計の閾値 α | 80 |

4.1.2. 評価指標

(A) 検索に必要なパケット量

検索に必要なパケット量を計測し、評価を行う。検索に必要なパケットは検索パケットとサーバ型検索でインデックスサーバへコンテンツ情報を登録するパケットが存在する。検索パケットは一度の転送を1パケットとし、登録パケットは一度の登録を1パケットと見なす。検索に使用したこれらのパケットを各手法で計測し、その合計値で評価する。

(B) 重要度の誤差

ユーザが指定した複数のトピックの中で最も重要度の高いトピックに注目し、検索後に取得したコンテンツ内に含まれる検索時に指定したトピックの割合が、検索時の重要度の割合とどの程度一致しているのか評価する。

検索パケットでトピック A, B, C を指定する場合、検索パケットに指定された各トピックの重要度を I_A, I_B, I_C とおき、 $I_A > I_B > I_C$ とするならば、重要度が最も高いトピック A に注目する。また、取得したコンテンツからトピック A, B, C の中でトピック A が活用されている割合 R_A を導出する。この時の、 I_A の重要度と R_A の割合の比較を行い、その差分を重要度の誤差として評価する。

(C) 気付きの割合

本提案手法では、ユーザが要求する重要度の合計が閾値 α を超えるトピックの組合せで構成されたコンテンツを取得する。よって、取得したコンテンツの中に、ユーザが指定していないトピックで構成されたコンテンツが存在する。これは、ユーザに気付きを与えることができるコンテンツと見なすことができる。

本提案手法で、ユーザが要求していないトピックが含まれるコンテンツをどの程度取得するか、その割合を気付きの割合として評価する。

(D) 推定精度

データ蓄積サーバは、ユーザの検索条件に適している異分野連携サーバを推定する際の推定精度を評価する。データ蓄積サーバが持つ情報を基に推定した結果、検索条件に合うコンテンツを何番目に多く持つ異分野連携サーバへ推定を行ったのか、その推定精度を評価する。

4.2. 比較手法

検索で用いられる既存手法のフラッディング型検索とサーバ型検索を比較手法とする。

4.2.1. フラッディング型検索

ユーザが送信した検索パケットをメッシュルータが受け取った後、メッシュルータはメッシュ内でフラッディングを行う。メッシュ内のネットワークトポロジは、各機器同士が1ホップで到達する構造を想定して

いるため、一度のフラッディングで全ての異分野連携サーバへ検索パケットが到達する。

コンテンツ生成事業者は、生成コンテンツを構成するトピックに優先度をつけられないため、検索パケットに指定された重要度を活用することができない。そのため、各異分野連携サーバで検索パケットに指定された複数のトピックと、生成コンテンツを構成するトピックが完全一致するコンテンツを検索し、ユーザは該当する全てのコンテンツを取得する。メッシュルータは検索パケットを受け取る度にフラッディングを行うため、ネットワーク負荷が大きくなることが予想される。

4.2.2. サーバ型検索

本検索ではメッシュ内のネットワークの全ての異分野連携サーバが生成したコンテンツを管理するインデックスサーバを1台配置する。各異分野連携サーバは、シミュレーション開始時に自身が持つコンテンツ情報をインデックスサーバに登録する。ここでは、コンテンツを構成するトピック情報を登録する。

ユーザが送信した検索パケットをメッシュルータが受け取った後、メッシュルータは検索パケットをインデックスサーバへ転送する。インデックスサーバは各異分野連携サーバが生成したコンテンツを構成するトピック情報を持つが、事業者はそのトピックに対する優先度付けを行っていないため、インデックスサーバはトピックの優先度情報を持っていない。そのため、検索パケットに指定された複数のトピックと生成コンテンツを構成するトピックが完全一致するコンテンツを検索し、該当するコンテンツを持つ異分野連携サーバ情報をメッシュルータへ返す。その後、メッシュルータは該当するコンテンツを持つ全ての異分野連携サーバへ検索パケットを転送する。各異分野連携サーバは、該当する全コンテンツをユーザに返信する。本手法では、メッシュルータが検索パケットを受け取る度にインデックスサーバへ問い合わせ、複数の異分野連携サーバへ検索パケットを転送するため、ネットワーク負荷が大きくなることが予想される。

4.3. シミュレーション結果

4.3.1. 評価指標(A)

各手法が検索する際に必要となるパケット量の結果を表2に示す。

表2：各手法に必要なパケット量

| | フラッディング型検索 | サーバ型検索 | 要求マッチング型検索 |
|---------|------------|--------|------------|
| 平均パケット量 | 100 | 105.4 | 20 |

4.3.2. 評価指標(B), (C)

・検索パターン(1): 検索パケットの重要度の偏りと異分野連携サーバの特定のトピックの取得確率が大きい場合

検索パケットに指定する重要度の割合が $80 \leq I_A \leq 85$, $5 \leq I_B \leq 10$, $5 \leq I_C \leq 15$ とし, i 番目の異分野連携サーバが一回の Subscribe 要求の中にトピック i を取得する確率を 80% と設定した場合の結果を表 3 で示す.

・検索パターン(2): 検索パケットの重要度の偏りが線形的に変化した場合と異分野連携サーバの特定のトピックの取得確率が比較的中程度の場合

検索パケットに指定する重要度の割合が $45 \leq I_A \leq 55$, $30 \leq I_B \leq 35$, $10 \leq I_C \leq 25$ とし, i 番目の異分野連携サーバが一回の Subscribe 要求の中にトピック i を取得する確率を 50% と設定した場合の結果を表 4 で示す.

・検索パターン(3): 検索パケットの重要度の偏りがフラットであり, 異分野連携サーバの特定のトピックの取得確率が比較的低い場合

検索パケットに指定する重要度の割合が $30 \leq I_A \leq 35$, $30 \leq I_B \leq 35$, $30 \leq I_C \leq 40$ とし, i 番目の異分野連携サーバが一回の Subscribe 要求の中にトピック i を取得する確率を 30% と設定した場合の結果を表 5 で示す.

4.3.3. 評価指標(D)

データ蓄積サーバの推定精度を表 6 に示す.

5. 考察

提案手法はコンテンツ生成時にデータ蓄積サーバに溜められる情報を検索に活用しているため, 検索時に必要となるパケットの量を比較手法と比べ, 約 20% まで抑えることができた. 偏りが大きい検索では, 重要度の誤差が大きくなり, 検索の偏りがフラットになるにつれて, 重要度の誤差が抑えられる結果となった. これは, 特定のトピックに対して取得確率が高い場合でも, 全体のコンテンツを占めるトピック数と比較した場合, 検索パケットのような偏りが生まれなかったため, 誤差が大きくなったと考えられる. また, 気付

表 3: 検索パターン 1 の結果

| | 重要度の誤差 | 気付きの割合 |
|---------|----------|---------|
| 平均 | 29.86 | 91.02 |
| 95%信頼区間 | 1.976048 | 0.59552 |

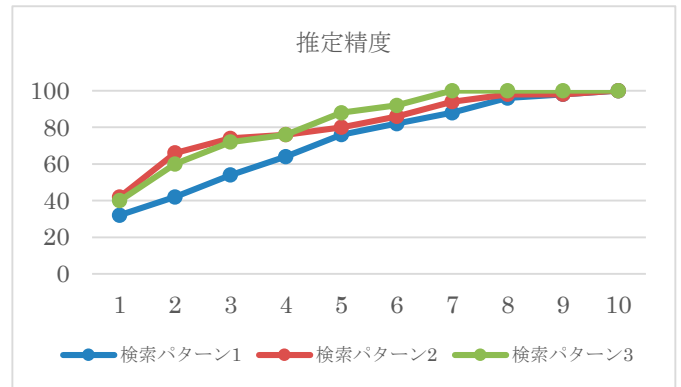
表 4: 検索パターン 2 の結果

| | 重要度の誤差 | 気付きの割合 |
|---------|----------|----------|
| 平均 | 8.64 | 88.72 |
| 95%信頼区間 | 0.572363 | 1.432142 |

表 5: 検索パターン 3 の結果

| | 重要度の誤差 | 気付きの割合 |
|---------|----------|----------|
| 平均 | 2.56 | 93.92 |
| 95%信頼区間 | 0.204438 | 0.448314 |

表 6: 推定精度



きの割合より, ユーザの指定していないトピックを含むコンテンツの取得率が高いことから, 提案手法はユーザに気付きを与えることができる検索手法である.

検索精度について, 偏りがフラットであるほど精度が高い結果となった. 検索パターン 2 と 3 では, 推定した異分野連携サーバの順位が 3 番目までを推定する精度が 70% を超えているため, 適切な異分野連携サーバを推定できていると判断できる.

6. まとめと今後の検討

本研究では, GC 情報プラットフォームで生成される時空間コンテンツの検索手法について, コンテンツ生成時に溜められる情報を検索に活用する手法を提案した. 今後は, 重要度の偏りが大きい検索パターンでも重要度の誤差を抑えるような検索手法を検討する.

謝 辞

本研究成果は, JSPS 科研費 JP18H03234, 及び国立研究開発法人情報通信研究機構の委託研究により得られたものです.

文 献

- [1] スマート IoT 推進フォーラム異分野連携プロジェクト, “異分野データ連携 H28 年度技術報告書 ~ データでつなぐ人・モノ・コト ~ スマート IoT 推進フォーラム異分野データ連携プロジェクト”, 2017 年 3 月.
- [2] 永田晃, 中村勝一他, “物理位置調和型アドレスに基づく Geo-Centric Networking の検討,” 2018 年電子情報通信学会総合大会, pp.51, B-6-51, 2018 年 3 月.
- [3] (株)NTT ドコモ, “オープン i エリア説明書第 5.7 版,” 2012 年 4 月.
- [4] 田村瞳, “位置情報に基づく IP アドレスを決定する技術,” 特許番号第 6074829 号, 2017 年 1 月 20 日.
- [5] 中村芳美, 中村勝一他, “近接空間内 IoT データのスクラム連携の実効性検証実験,” 2018 年電子情報通信学会総合大会, 2018 年 3 月.
- [6] 長尾健太郎, 塚本和也他, “異種サービス連携のための実空間連動型データ管理アーキテクチャの提案,” 2018 年ネットワークシステム研究会, 2018 年 7 月.