

ユーザのソーシャル性が
ICN のコンテンツキャッシングに及ぼす影響に関する一検討
～情報拡散行動とコミュニティに着目して～

本田紘大¹ 中村遼² 上山憲昭³

立命館大学大学院 情報理工学研究科¹

福岡大学 工学部²

立命館大学 情報理工学部³

ICN 研究会

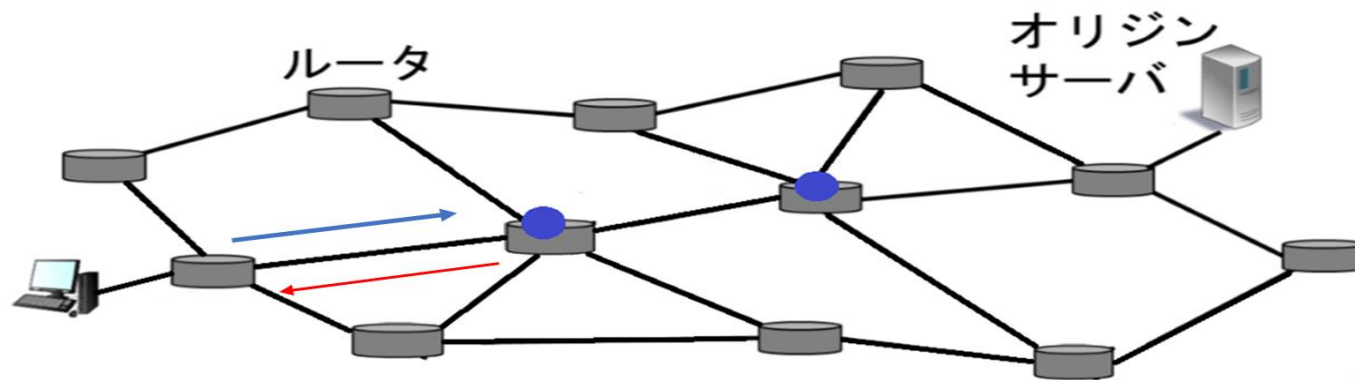
2023年12月21日

背景：ソーシャルメディア

- ソーシャルメディア（例：Twitter や Facebook）は社会生活を支える不可欠な基盤
 - ソーシャルメディアを介してオンライン上でのやりとりが可能
 - 我々の社会活動や経済活動をより豊かなものに
- 一方で、ソーシャルメディアの普及に伴い、ネットワーク上を転送されるトラフィック量も増大
- トラフィック量の増大を緩和するための手段として情報指向ネットワークが有望視されている

背景：情報指向ネットワーク (ICN: Information-Centric Networking)

- コンテンツ自体に名前を付けることにより、コンテンツ名でのデータ通信が可能
- ルータはコンテンツを一時的に保持 (キャッシュ) することが可能
- 配信経路上のルータからコンテンツを配信することが可能



ICN を利用したソーシャルメディアのコンテンツ配送

- ICN が効率的に機能するためには、キャッシュ制御方式を適切に設計することが鍵
 - **キャッシング戦略**：ルータがコンテンツを中継する際に、当該コンテンツを自身のキャッシュに挿入するかを決定する規則
 - **キャッシュ置き換え方式**：キャッシュが完全に占有されている場合に、キャッシュから削除するコンテンツを決定する規則
- また、ソーシャルメディアユーザのソーシャル性を考慮することが必要

ユーザのソーシャル性

- ソーシャルメディアにおけるユーザの主なソーシャル性
 - **情報拡散行動**：あるコンテンツが、ユーザ同士の交友関係を介して他のユーザに伝搬
 - **影響力の強いユーザの存在**：いわゆる「インフルエンサ」と呼ばれるユーザが発行したコンテンツは拡散されやすい
 - **コミュニティ**：性質が似ているユーザらによってコミュニティが形成され、同一コミュニティに属するユーザらの交友は活発

先行研究

- ユーザ間の交友関係を表すソーシャルネットワークにおける影響力の強いユーザを考慮したキャッシュ制御方式が提案[1]
 - キャッシュヒット率などが大幅に向上することが明らかにされている
- 我々は、影響力の強いユーザの選択方法や割合が ICN の性能に与える影響を多面的に分析[2]
- しかし、他の2つのソーシャル性(情報拡散行動・コミュニティ)は未考慮
- また、それらを考慮すべきかどうかも明らかにされていない

[1] C. Bernardini, T. Silverston, and O. Fester, "Socially-aware caching strategy for content centric networking," in Proceedings of the 2014 IFIP Networking Conference, Jun. 2014, pp. 1-6

[2] K. Honda, R. Nakamura and N. Kamiyama, "Analyzing Effects of Social Media User's Influence on Contents Caching in ICN," in IEEE Access, vol. 11, pp. 127679-127688, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3330850.

目的・手法

■ 目的

- ユーザによる情報拡散行動とコミュニティに着目し、ソーシャル性を考慮した ICN のモデル化
- これらのソーシャル性が ICN の性能に与える影響を分析

■ 手法

- ソーシャルメディアのコンテンツ配信基盤として ICN を導入することを想定
- 情報拡散行動およびコミュニティを考慮した ICN モデルを構築
- シミュレーションにより、ユーザの情報拡散の程度やコミュニティの保持度が ICN のコンテンツキャッシングに与える影響を調査

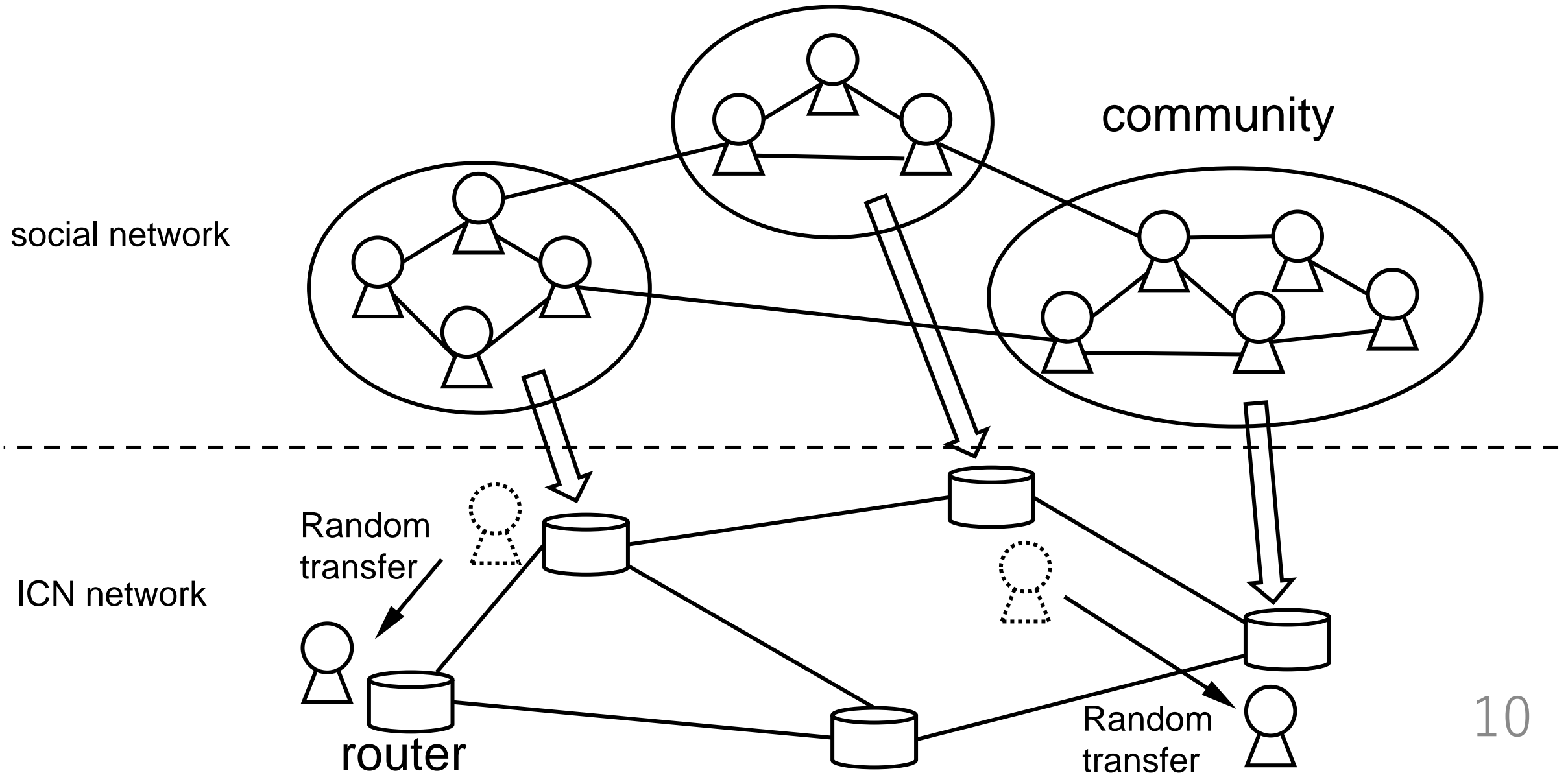
ソーシャル性を考慮した ICN モデル

- ソーシャルメディア上でのやりとりを、ICN におけるコンテンツ配送としてモデル化
- 2種類のネットワークを使用
 - ICN ネットワーク：キャッシュを有する ICN ルータから構成される無向グラフ
 - ソーシャルネットワーク：ソーシャルメディア上におけるユーザ間の交友関係を表すネットワーク

ネットワークモデル

- ソーシャルネットワークのユーザはいずれかのコミュニティに属するものとし、以下の手順で ICN ルータへ収容
 1. コミュニティ単位で収容される ICN ルータを決定
 2. 決定したルータにコミュニティのユーザを全て収容
 3. その後、一定の確率でランダムに選択された異なる ICN ルータへ転移

ユーザ収容方法



ユーザ行動モデル

- 文献[1]で提案されている行動モデルに、ユーザによる情報拡散行動を導入したものを使用

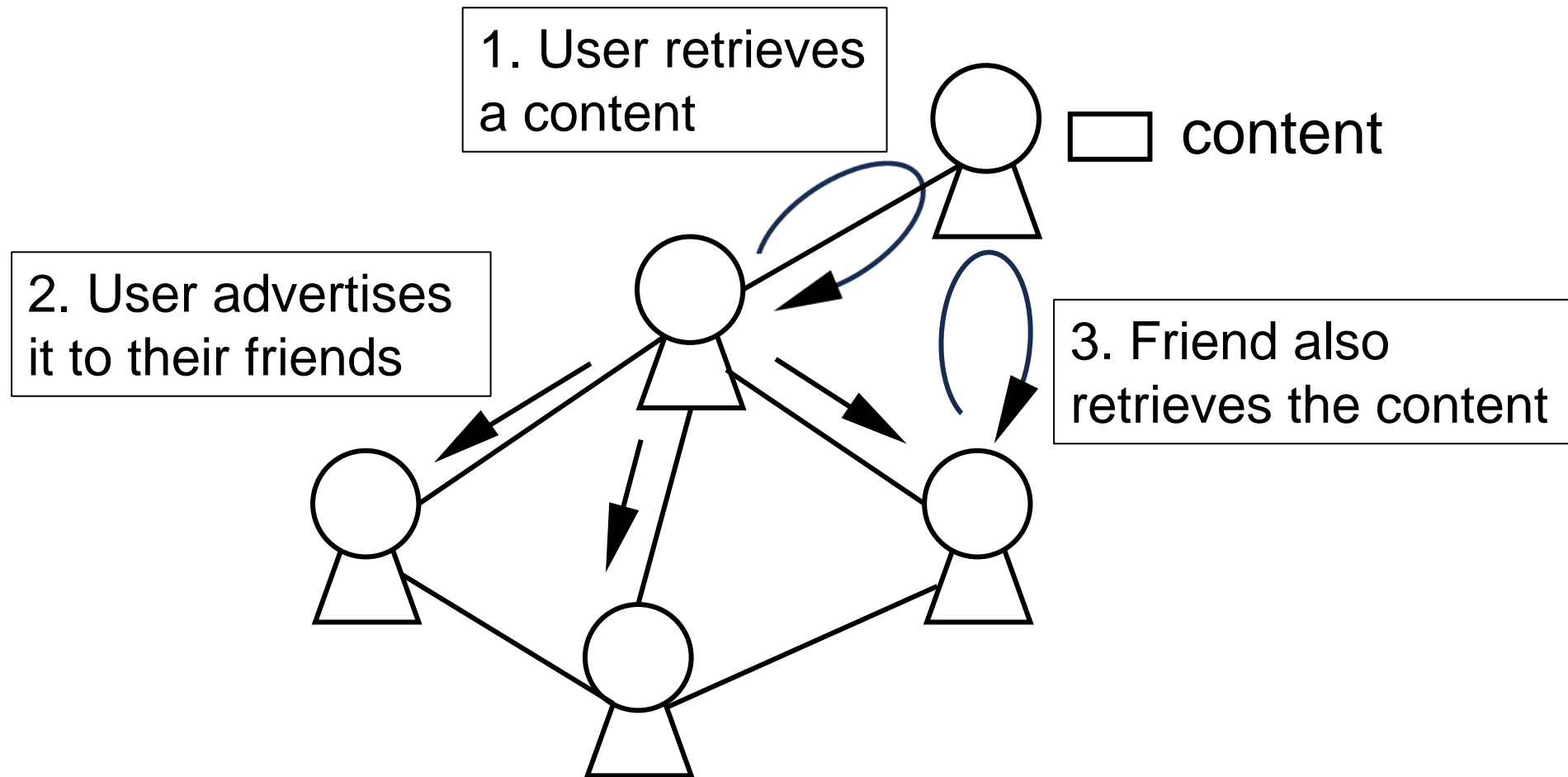
- 既存の行動モデル

1. ユーザはセッションを開始
2. フォローしているユーザが発行したコンテンツを閲覧、もしくは、自身がコンテンツを発行
3. 一定の間隔を開けながら、2. を繰り返したあとにセッションを終了
4. 1. ~ 3. をセッション単位で繰り返す

ユーザ行動モデル

- 2. におけるユーザの行動を以下のように拡張
 - 要求：以下の2種類のコンテンツを要求し、広告行動へ遷移
 - フォローしているユーザが最後に発行したコンテンツ
 - 前回の要求以降に自身に**広告されたコンテンツ**
 - **広告**：取得したコンテンツを自身のフォロワーに一定の確率で広告
 - 発行：新たに自身のコンテンツを発行

ユーザ行動モデル



シミュレーション

- 構築したソーシャル性を考慮した ICN モデルに従い、シミュレーションを実行
- ユーザのソーシャル性が ICN のコンテンツキャッシングに与える影響を調査
 - 情報拡散行動
 - コミュニティ

手法：ネットワーク

■ 2種類のネットワークを使用

➤ ICN ネットワーク：

- ERモデルにより生成したランダムグラフ
- ノード数(ルータ数)：25、平均次数：3

➤ ソーシャルネットワーク

- Li-Mainiモデルによって生成したコミュニティ構造を有するスケールフリーネットワーク
- ノード数(ユーザ数)：1000、平均次数：12
- コミュニティ数：25

手法：ユーザのソーシャル性

■ コミュニティ

- コミュニティ単位で各ルータにユーザを収容
- 転移確率に従い、ユーザをほかのルータに転移
- 本稿では、コミュニティ数とルータ数が等しいため、一対一で対応

■ 情報拡散行動

- ユーザはユーザ行動モデルに従い、コンテンツの要求・広告・発行を行う
- ユーザが取得したコンテンツを広告する確率(拡散確率)をユーザによらず、0~0.1で変化

手法：キャッシュ制御

■ キャッシング戦略

- LCE (Leave Copy Everywhere)：受信したコンテンツを一律にキャッシュする

■ キャッシュ置き換え方式

- LRU (Least-Recently Used)：参照されたのが最も古いコンテンツを掃き出す

■ キャッシュサイズ

- 5[content]、10[content]

手法：性能指標と試行回数

■ 性能指標

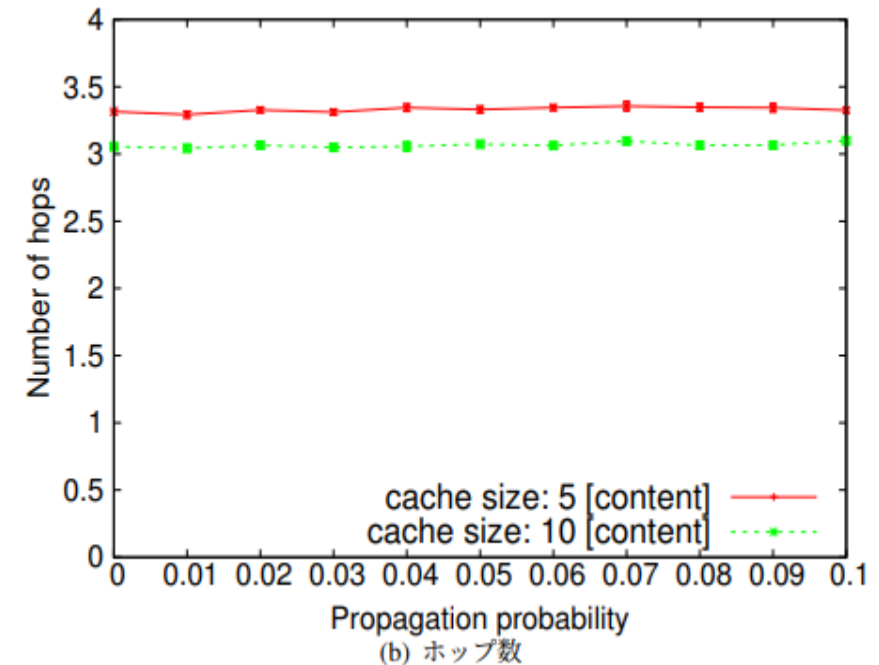
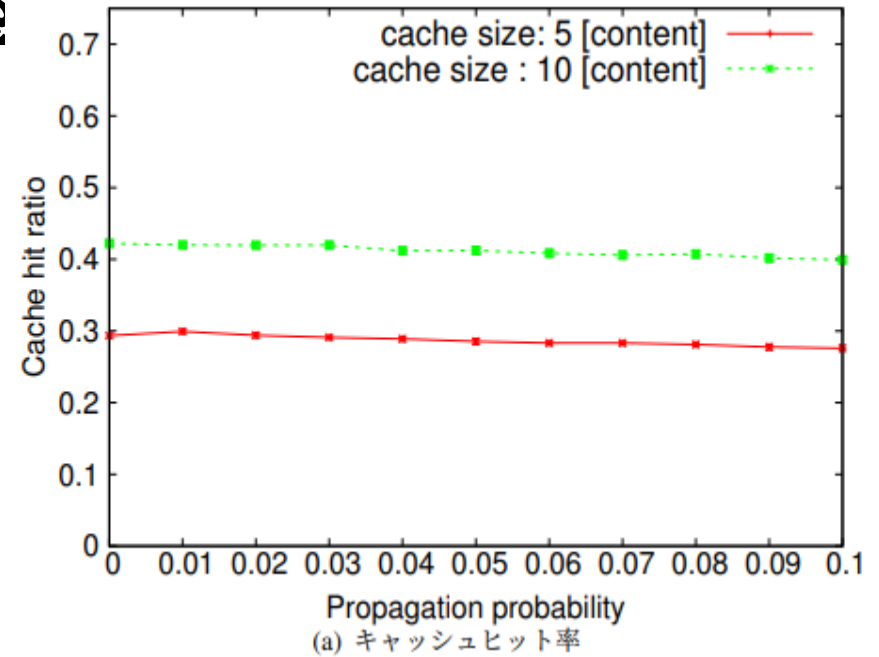
- キャッシュヒット率：ユーザが発行したコンテンツ要求のうち対応するコンテンツが経路上のルータのキャッシュから返送された割合
- ホップ数：要求ユーザが収容されているルータからコンテンツを返送する ICN ルータまでの経路の長さ

■ 試行回数

- 与えられた条件下において、100,000[slot]の試行を10回繰り返し返したときの各指標の平均と95%信頼区間

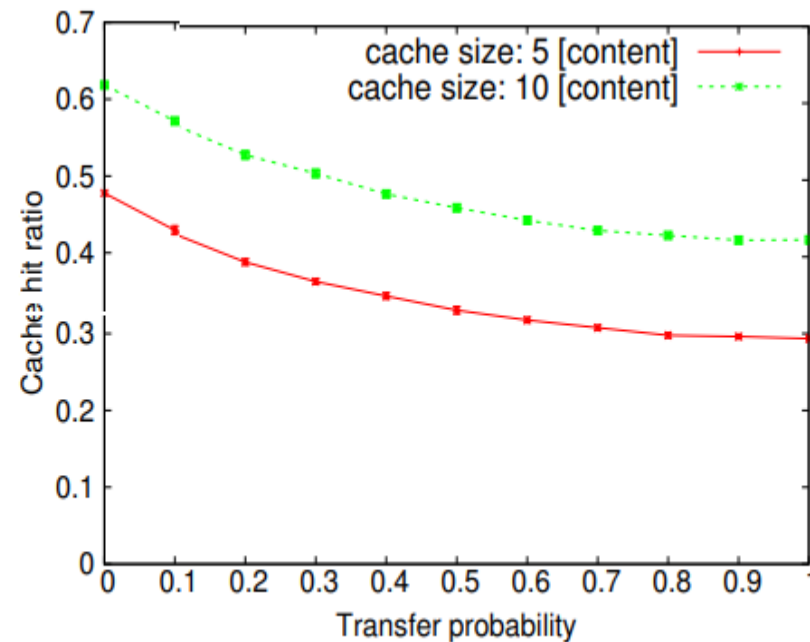
結果：情報拡散が与える影響 (ユーザはランダムに収容)

- キャッシュヒット率とホップ数はわずかに劣化するだけで、ほとんど影響を受けていない
 - コンテンツ要求の時間的な連続性に由来
 - 新たなコンテンツの発行間隔よりもコンテンツの要求間隔の方が短い

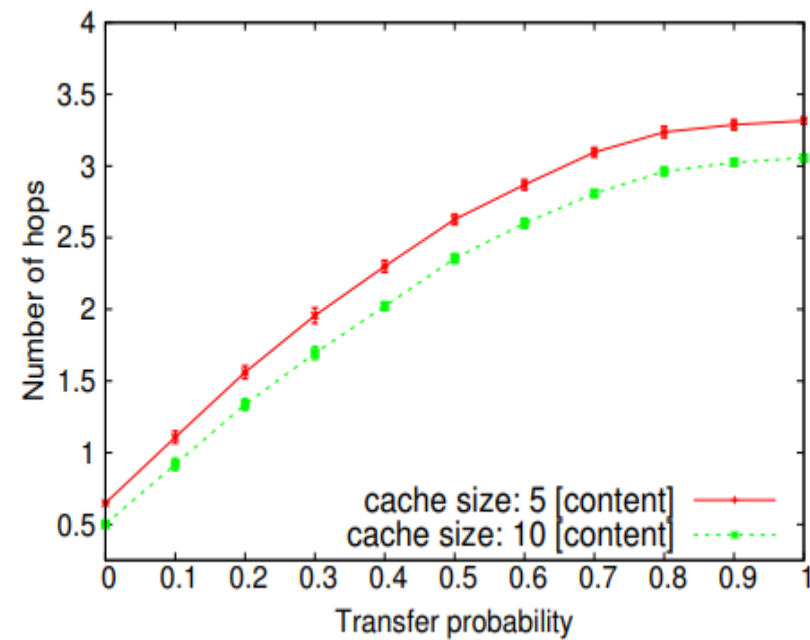


結果：コミュニティの保持度が与える影響(情報拡散無)

- コミュニティの保持度に応じて性能が大きく異なる
 - 転移確率が 0 のときは、同一ルータ内でのコンテンツ配送が支配的になる
 - 転移確率が増大するにつれ、この傾向が弱まる
- コミュニティを考慮することの重要性を示唆



(a) キャッシュヒット率

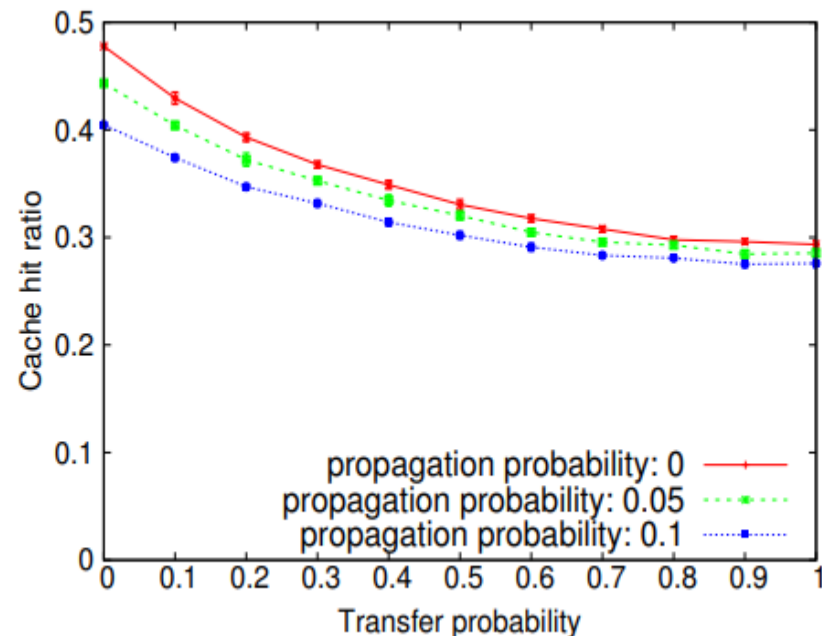


(b) ホップ数

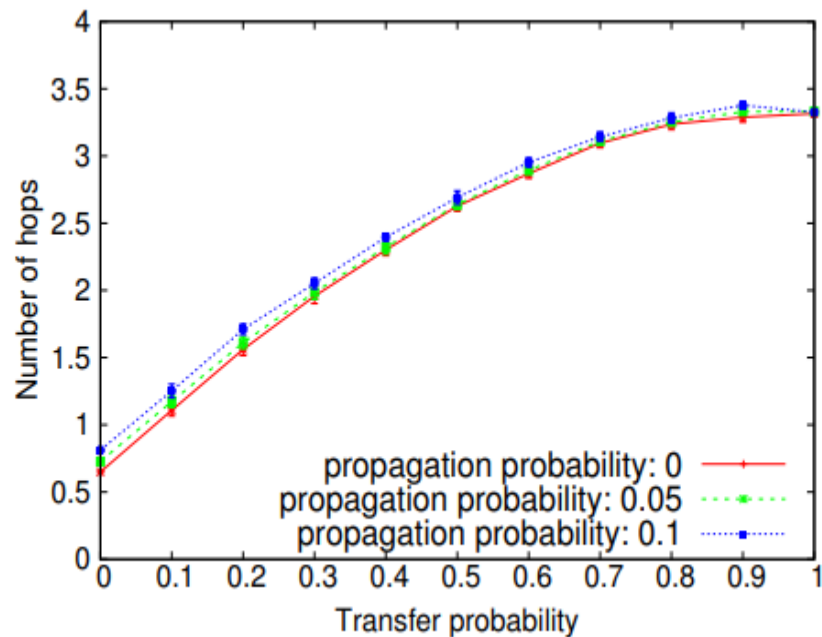
結果：情報拡散度とコミュニティの保持度が与える影響

- コミュニティが保持している方が、情報拡散による影響を受けやすい

- 情報拡散行動により、コミュニティ間でのやりとりが発生するため



(a) キャッシュヒット率



(b) ホップ数

まとめと今後の課題

■ まとめ

- 情報拡散行動およびコミュニティに着目し、ソーシャル性を考慮した ICN をモデル化
- シミュレーションによってそれらのソーシャル性がコンテンツキャッシングに与える影響を分析
- コミュニティが保持されている場合には、情報拡散行動により、コンテンツキャッシングの性能は劣化することなどを明らかにした

■ 今後の課題

- モデルで用いる妥当なパラメータの設定を検討
- コミュニティの保持度を調整する転移確率の妥当な値の調査