



ハイブリッド型 P2P ファイル共有ネットワークにおける アプリケーションレベル QoS 向上のための ネットワーク協調機構の設計と評価

付 宏野 若宮 直紀 村田 正幸
大阪大学 大学院情報科学研究科 村田研究室
fuhongye@ist.osaka-u.ac.jp





発表内容

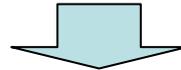
- **研究の背景**
 - ハイブリッド型P2Pファイル共有ネットワーク
- **研究の目的**
 - 複数のハイブリッド型 P2P ファイル共有ネットワーク間の協調の仕組みを提案
- **協調ピアを介した協調機構**
- **シミュレーション結果**
- **まとめと今後の課題**





研究の背景

- 物理網上には数多くのオーバレイネットワーク (overlay network) が存在
 - P2P, Grid, CDN, ...
 - アプリケーションの求める QoS を満足できるように
 - 独自に遅延や帯域などのネットワーク特性測定
 - 利己的にトラフィック制御, 経路制御, トポロジ形成



帯域やルータ処理能力などの物理資源を競合し、互いの品質劣化を引き起こす

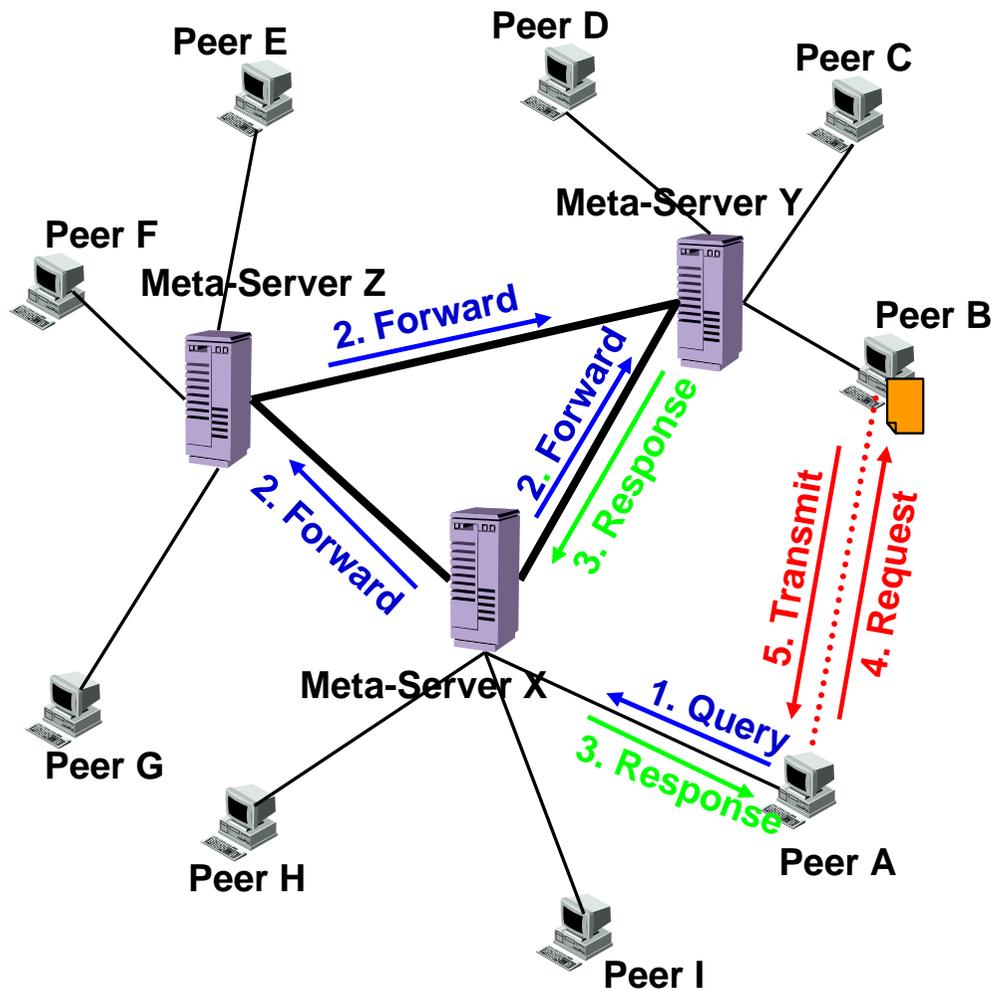
- オーバレイネットワークが協調制御することにより、競合を防ぎ、互いの QoS を向上



オーバレイネットワークの協調

- オーバレイネットワーク共生環境
 - 様々なオーバレイネットワークが協調し, 互いの QoS を向上
- P2P ファイル共有ネットワークにおける協調
 - **ハイブリッド型**
 - Napster, WinMX, ...
 - **ピュア型**
 - Gnutella, Freenet, Winny, ...

ハイブリッド型P2Pファイル共有ネットワーク



ファイル取得の流れ

～ ピア A がファイルを取得する場合 ～

0. ピアは共有するファイルに関する情報をメタサーバに登録
1. ピア A が検索メッセージを発信する
2. 検索メッセージを受信するメタサーバは該当するメタ情報を持たない場合は、その検索メッセージをメタサーバ間でフラッディングする
3. メタサーバは該当するファイルのメタ情報を持っている場合は、応答メッセージを返信する
4. ピア A がファイルを所持しているピア B にファイルを直接要求する
5. ピア B がピア A にファイルを直接転送する

———— Logical Link



研究の目的

- 複数のハイブリッド型 P2P ファイル共有ネットワーク間の協調の仕組みを提案
- P2P ネットワークの協調とは
 - 複数の P2P ネットワーク間で互いに検索・応答メッセージをやり取り
- P2P ネットワーク協調の効果
 - より多くのファイルを発見
 - より多くのファイル所有者を発見
 - システムの安定性が向上
 - メタサーバ間ネットワークが切断された場合でも、協調相手のネットワークを介して、メタサーバ間通信を維持できる

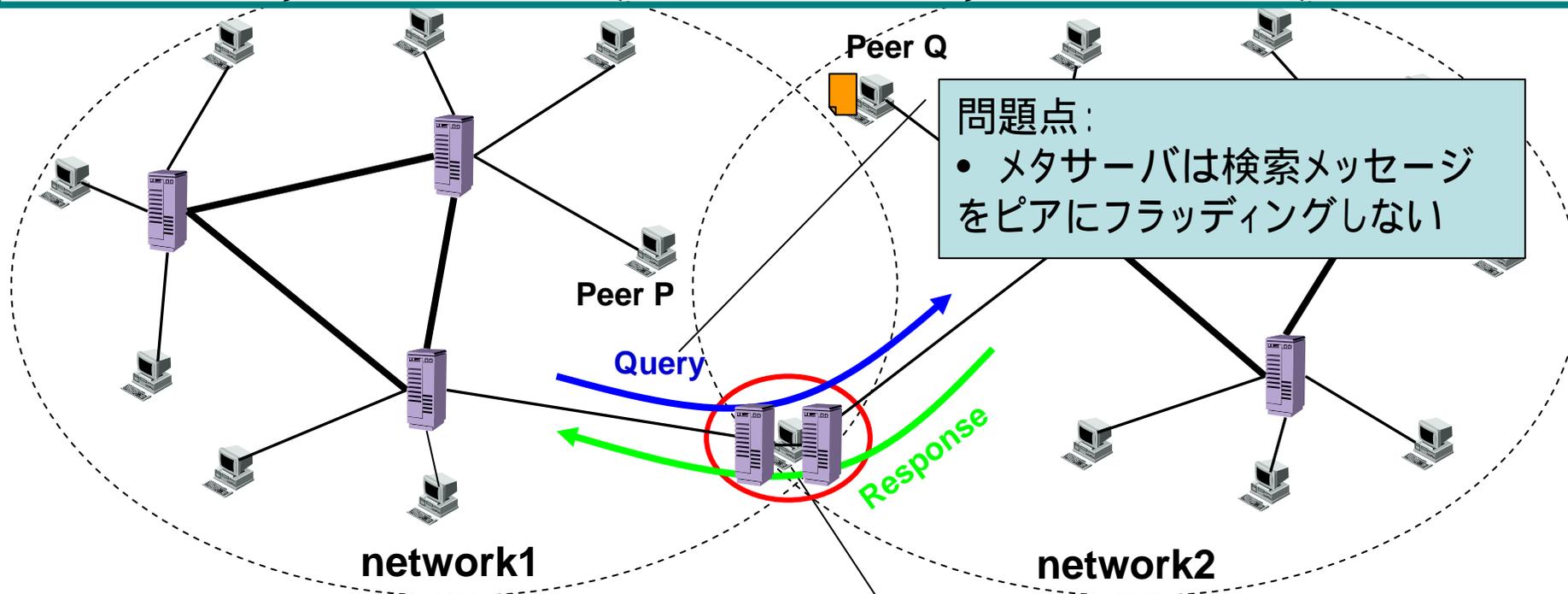


協調機構の概要

- ユーザが自身の、または、メタサーバの管理者がユーザのアプリケーションレベルの QoS を向上させるため、協調プログラムを導入
- 協調プログラムの役割
 - 協調対象となる P2P ネットワークを発見
 - 協調の是非を判断
 - ネットワーク間でメッセージをやり取りし、協調を実現
- 2種類の協調メカニズム
 - **協調ピアを介した協調**
 - メタサーバ間接続による協調

協調ピアを介した協調機構

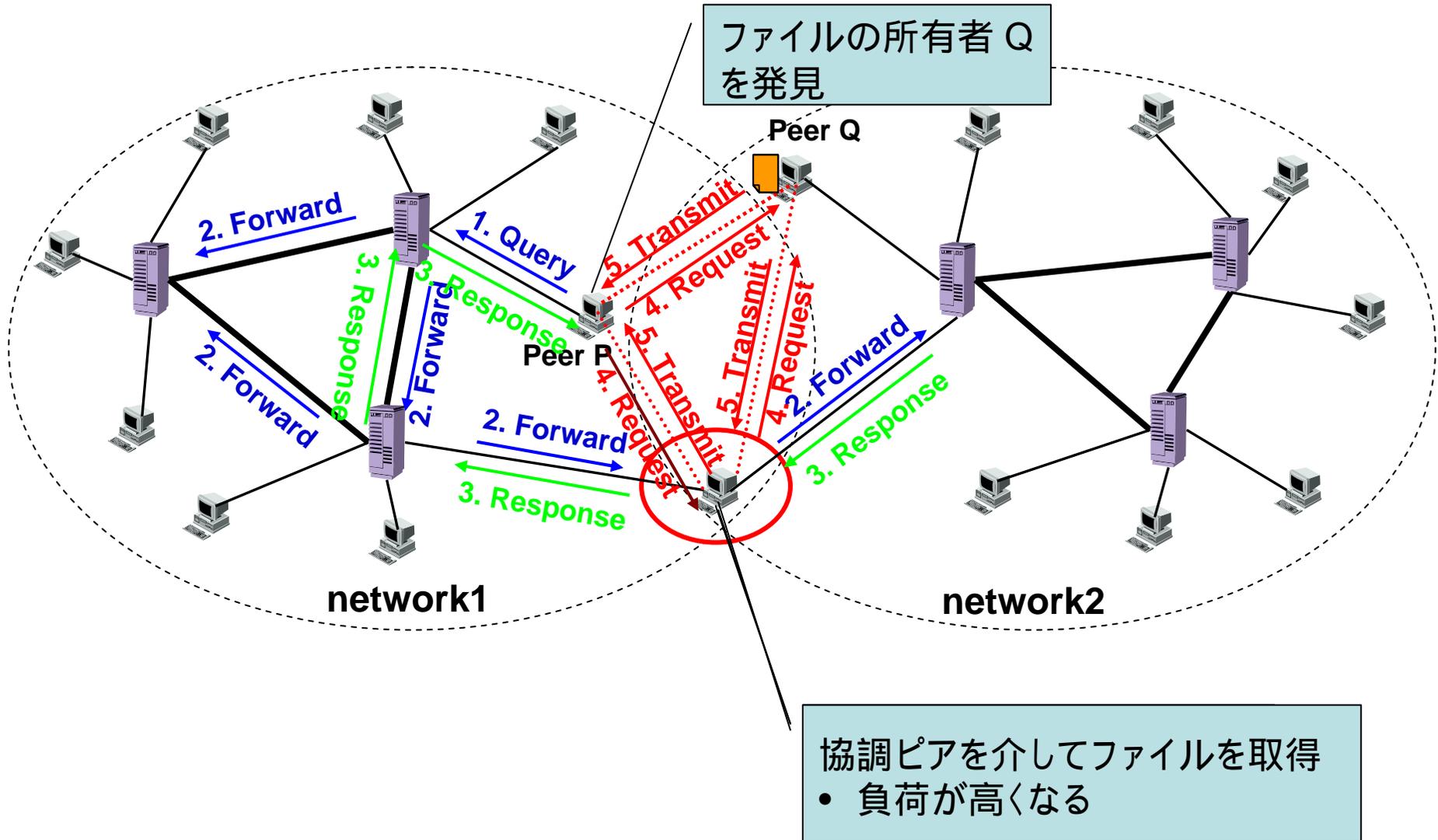
メタサーバや他のピアは協調ピアの存在や協調について知ることなく、協調を達成



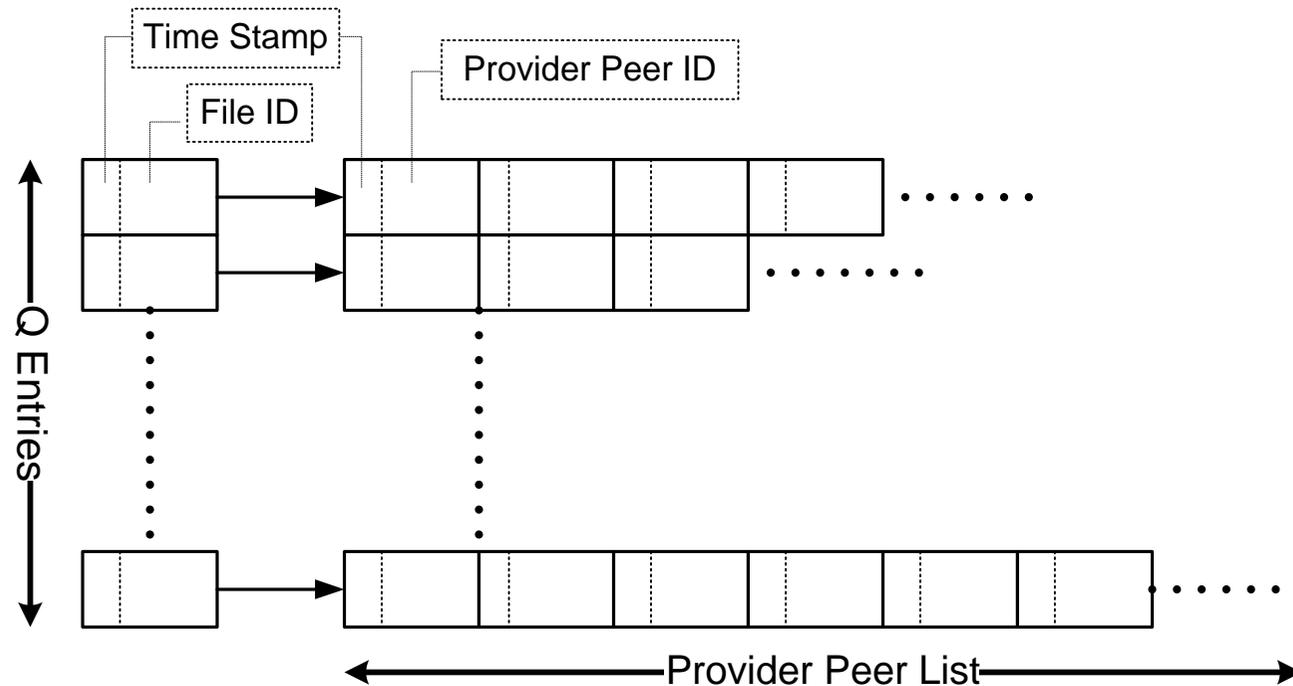
協調プログラムにそれぞれのP2Pネットワークに対応共有メタサーバ協調プログラムを導入
メタサーバモジュール: 検索・応答メッセージの中継や応答メッセージの生成といった
最小限のメタサーバの機能, およびメタ情報のキャッシュ機能

→ 協調ピアはピアであると同時に, メタサーバとしても見える

ファイル取得の流れ



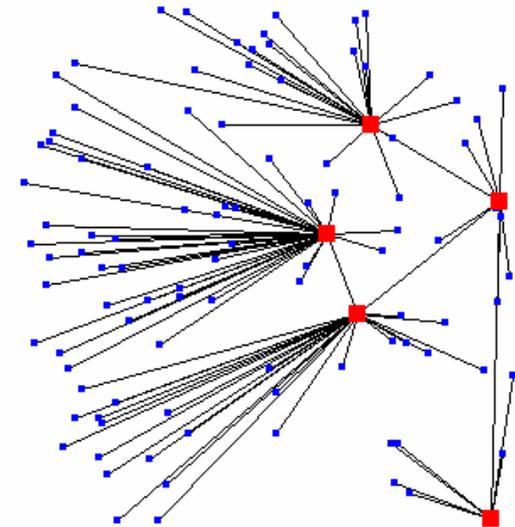
キャッシュの構成



- エントリは固定長のファイル ID フィールドと可変長の所有者 ID のリストから構成
- ファイル ID はエントリのインデクスとして用いられる
- ファイル ID とそれぞれの所有者 ID にはタイムスタンプが付与される
- キャッシュに空きがない場合は, LRU (Least Recently Used) にしたがって, 最も古いタイムスタンプを有するファイルのエントリと置き換える

シミュレーション環境

- P2P ネットワークのトポロジ
 1. 2次元の領域に m 台のメタサーバと n 台のピアをランダムに配置
 2. メタサーバは既にメタサーバ間ネットワークに属するメタサーバのうち最も近いメタサーバ1つに順次接続
 3. ピアは一番近いメタサーバに接続
- 協調ピアを c 台ランダムに配置
- 総数 F 種類のファイルを2つのネットワークで共有
 - 人気度が $\alpha = 1.0$ の Zipf 分布に従う
 - 2つのネットワークのランダムなピアに配置
- ピアはポアソン分布に従って検索メッセージを生成
 - 検索対象ファイルは $\alpha = 1.0$ の Zipf 分布に従う人気度によって決定



トポロジの例
($m = 5, n = 100$)

評価指標

- 協調ピアのキャッシュヒット率

$$\frac{\text{自身のキャッシュ内に検索対象のメタ情報が存在した検索メッセージ数}}{\text{協調ピアの生成した検索メッセージ総数}}$$

- 平均検索遅延

- 通常のピア

$$\sum p_i h_i$$

人気度 i のファイルに対する検索遅延

人気度 i のファイルが検索対象となる確率

- 協調ピア

$$\sum p_i (1 - a_i) k_i$$

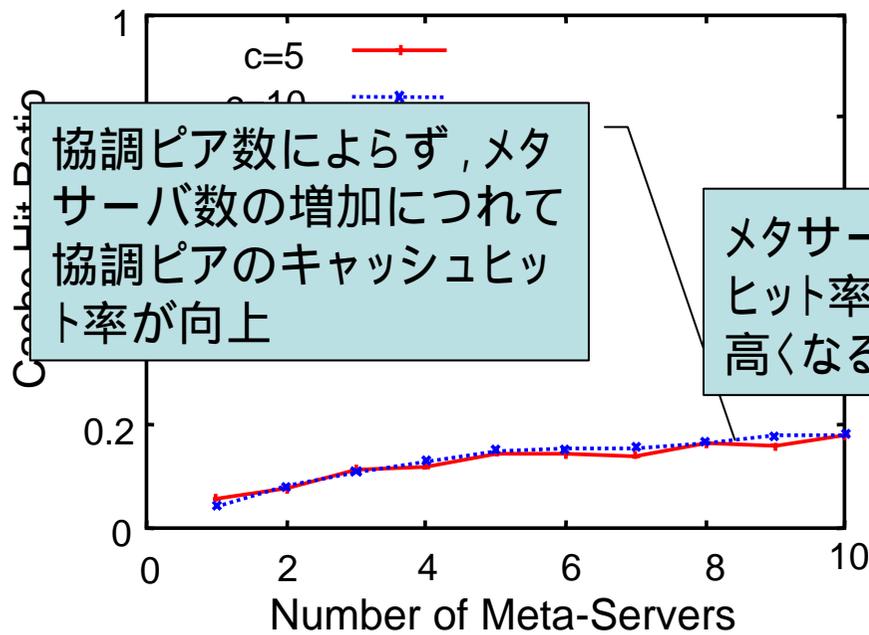
人気度 i のファイルの協調ピアにおける
キャッシュヒット率

協調ピアにキャッシュがない場合の
人気度 i のファイルに対する検索遅延

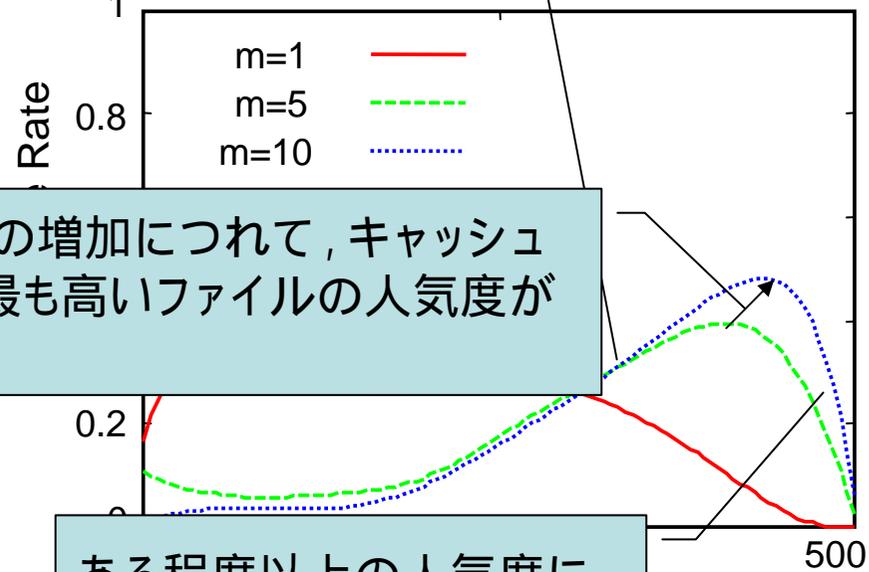
シミュレーション結果 -- 協調ピアのキャッシュヒット率

一つのネットワークのピア数 $n : 10$
 キャッシュサイズ: 100
 ファイル種類総数 $F : 500$

メタサーバ数によらず, 人気度の増加につれて, 協調ピアのキャッシュヒット率が向上



協調ピア数によらず, メタサーバ数の増加につれて協調ピアのキャッシュヒット率が向上



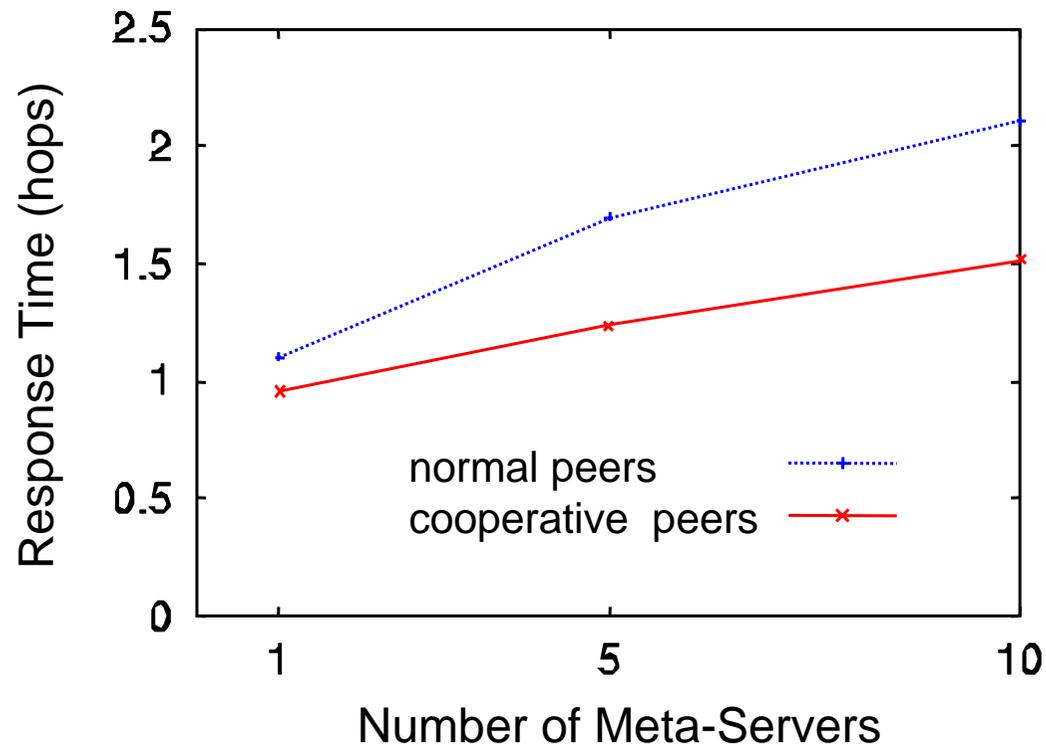
メタサーバの増加につれて, キャッシュヒット率が最も高いファイルの人気度が高くなる

ある程度以上の人気度になると協調ピアのキャッシュヒット率が低くなる

メタサーバ数が増えると, 協調ピアのキャッシュヒット率が高くなり, 協調ピアの協調による効果が高くなる

シミュレーション結果 -- 平均検索遅延

一つのネットワークのピア数 n : 1000
キャッシュサイズ: 100
ファイル種類総数 F : 500



協調ピアにおけるファイル検索遅延が通常のピアと比較して短くなることがわかる

まとめと今後の課題

- **まとめ**

- 複数のハイブリッド型 P2P ファイル共有ネットワークが効果的に協調し, アプリケーションレベルの QoS を向上させる協調機構について, 協調ピアにおける協調の効果を検討
- シミュレーションを通して,
 - 協調ピアのキャッシュヒット率はそれほど高くないが, ファイル検索遅延が通常のピアと比較して短くなることがわかった

- **今後の課題**

- 協調により, P2P ネットワークのトポロジが動的に変化する場合の協調
- 物理網に与える影響の評価と物理網特性を考慮した協調の仕組み