

集約Skip Graph: 効率的な集約クエリ を実現するSkip Graph拡張の提案

大阪市立大学大学院 創造都市研究科
都市情報学専攻 情報システム創成研究分野

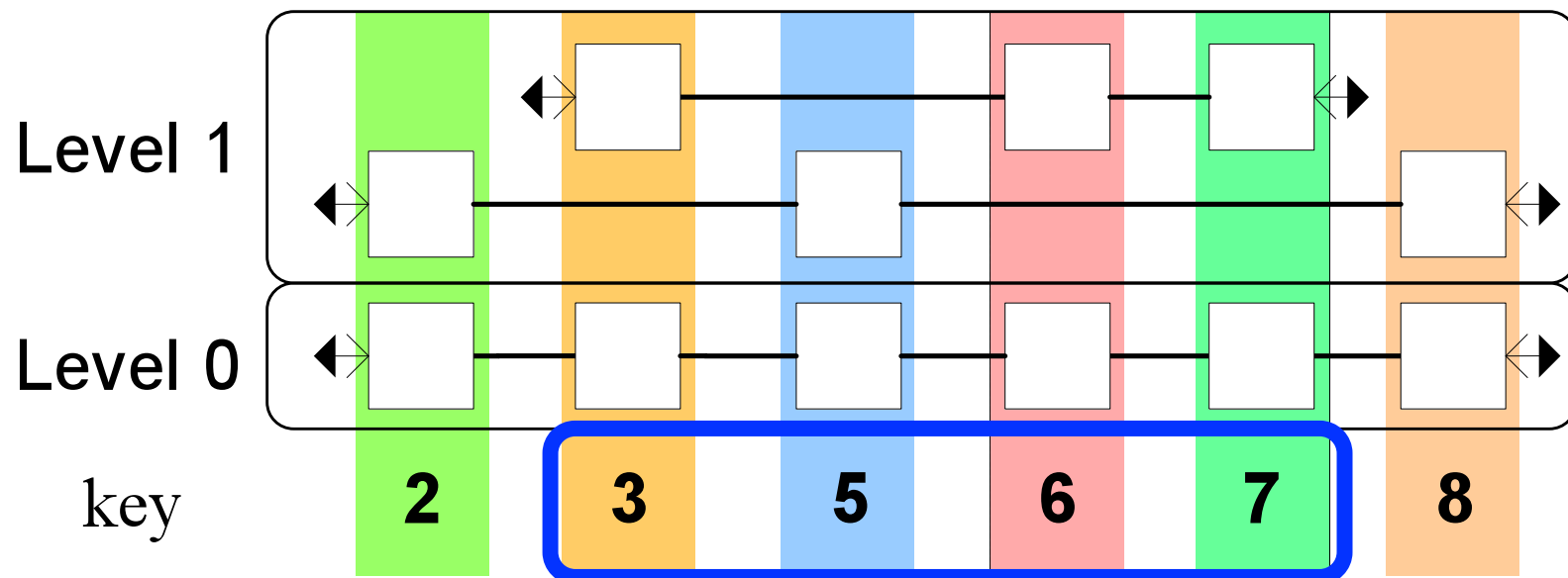
阿部 敏之 上田 達也 安倍 広多
石橋 勇人 松浦 敏雄

背景

- 分散処理の技術としてP2Pネットワークが注目されている
 - 負荷分散が可能
 - P2Pを構成するノード数に応じてスケールするシステムを実現できる
- P2Pに適した分散データ構造としてSkip graphがある

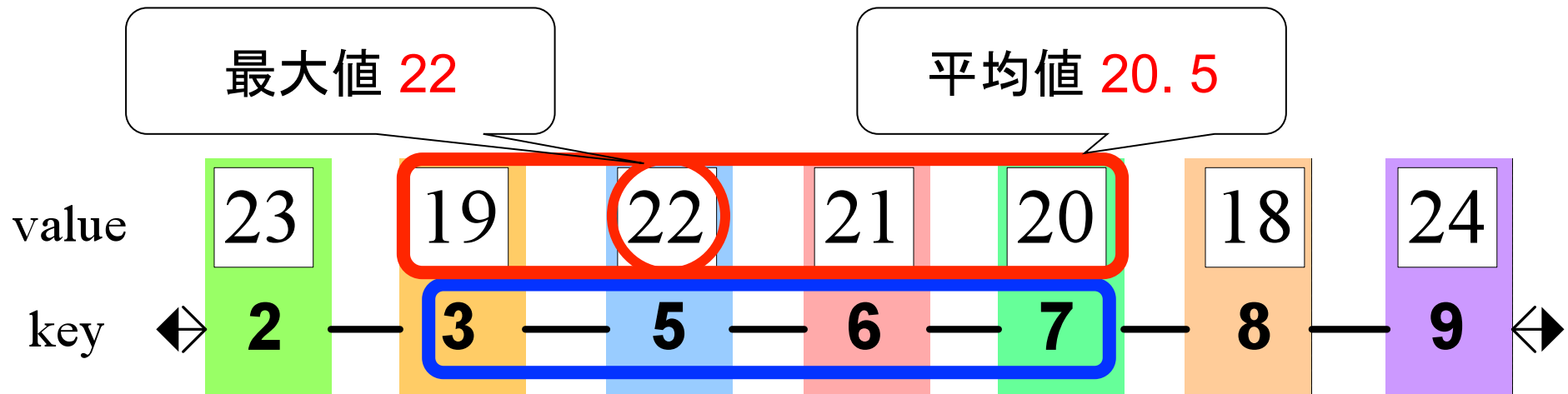
Skip Graph

- 構造化オーバーレイネットワークの一種
- 各ノードにはkeyが割り当てられ, keyの昇順にノードが並ぶ
- 平均探索時間はデータ数をNとして $O(\log N)$
- 範囲検索が可能



範囲検索の応用

- keyをindex, 別の値をvalueとして管理
 - keyをセンサの番号, valueを気温など



- 指定した範囲が広いと最大値や平均値などを求めるのにコストがかかる

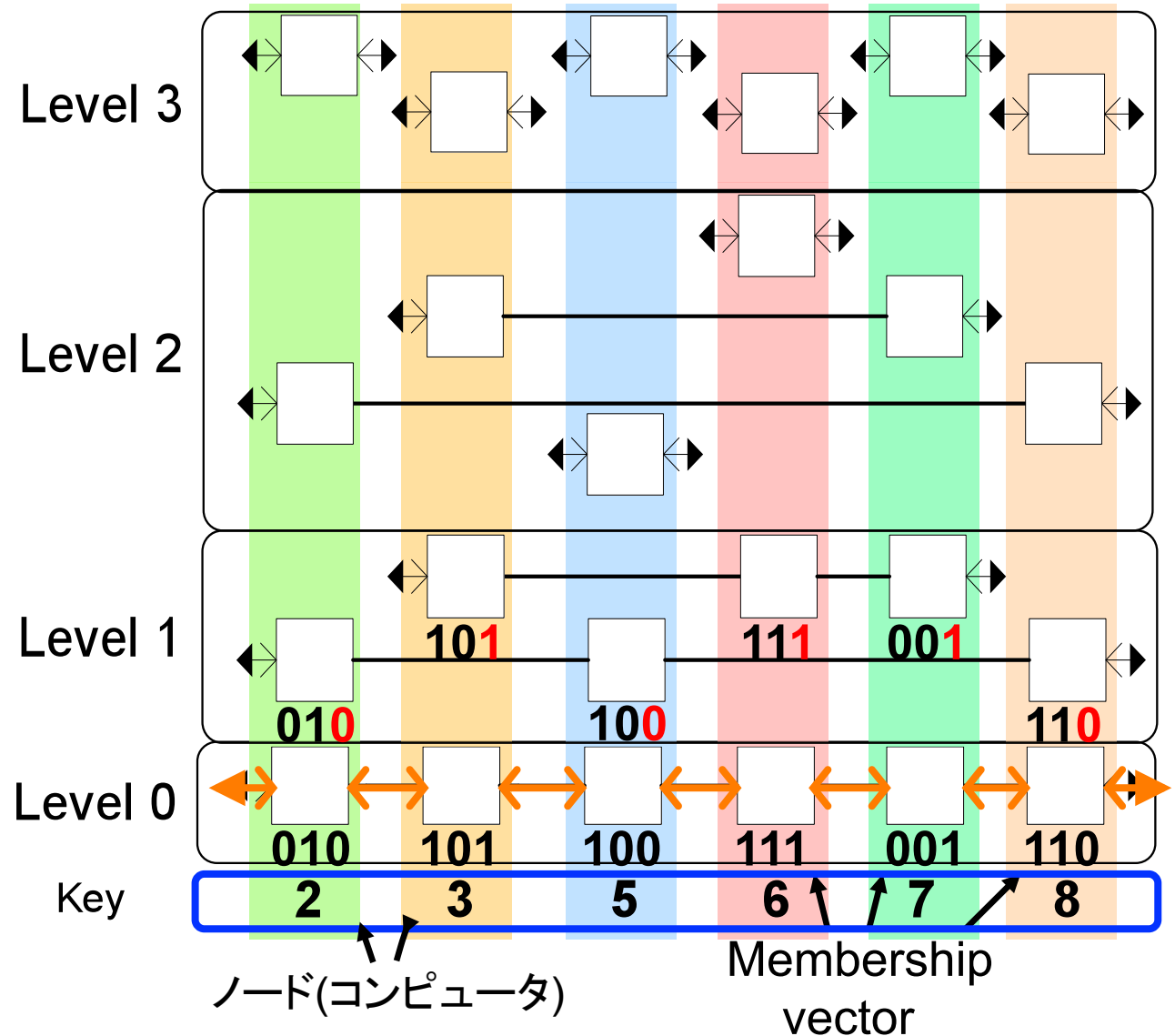
目的

- Skip graph上で効率よく集約クエリを実現
 - 集約クエリとは
 - 指定した範囲の最大値や平均値などを取得

Skip Graphのデータ構造

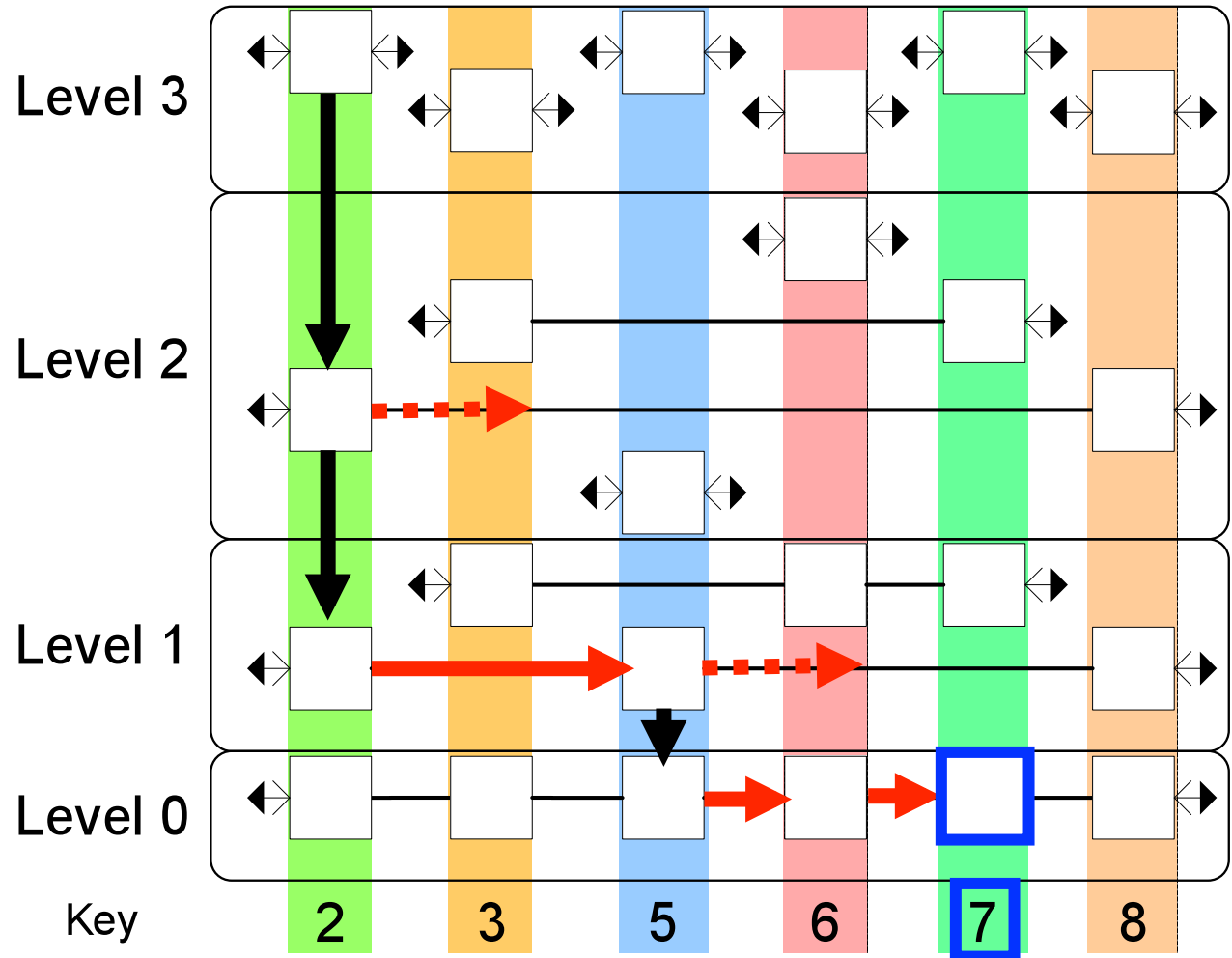
- 各ノードはkeyとMembership vectorを持つ

- ノード数Nのとき、Levelは平均 $\log N$ 個



Skip Graphでの検索

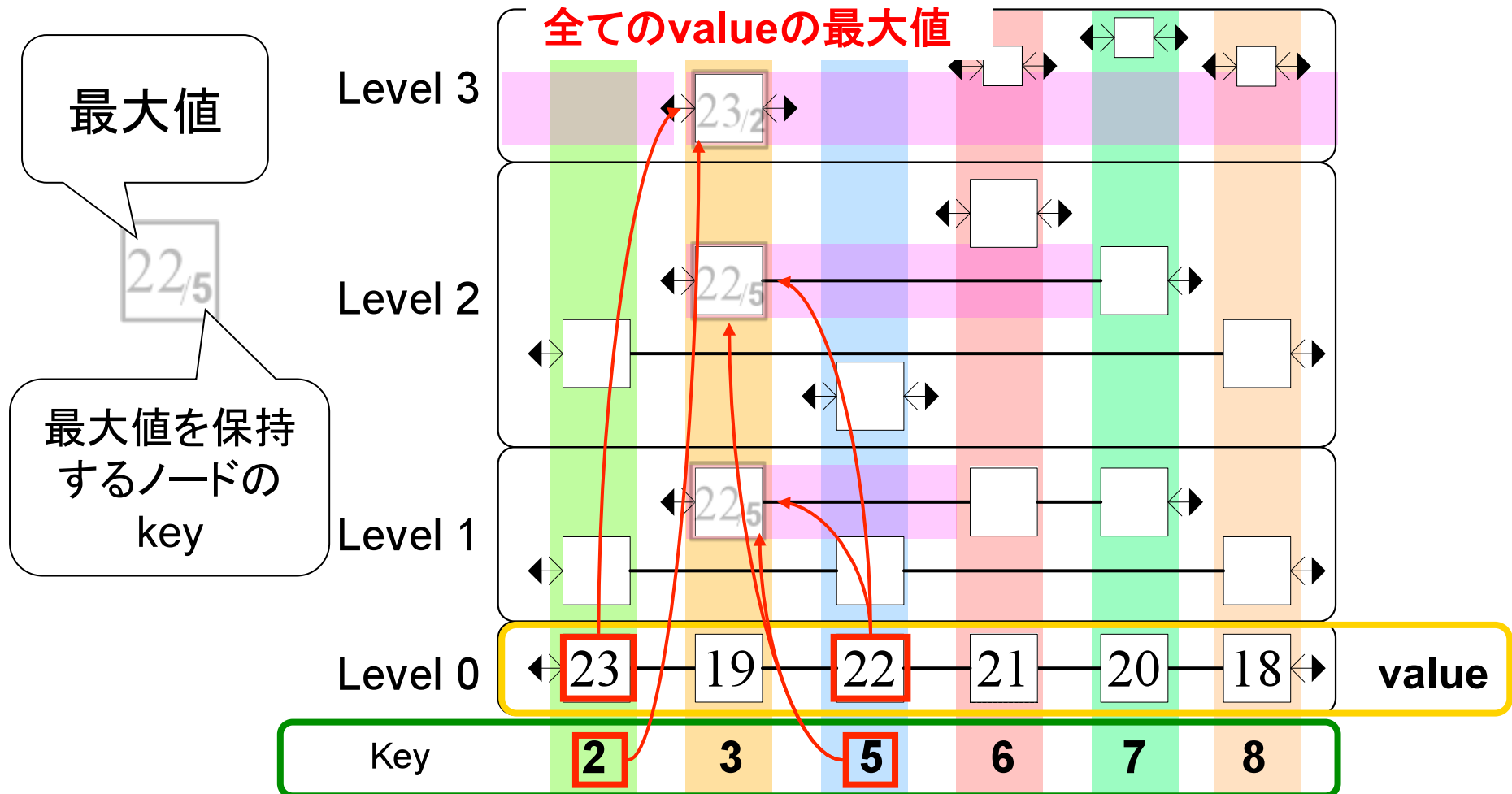
- 上から下に探索
- 平均探索時間はノード数をNとして $O(\log N)$



提案手法

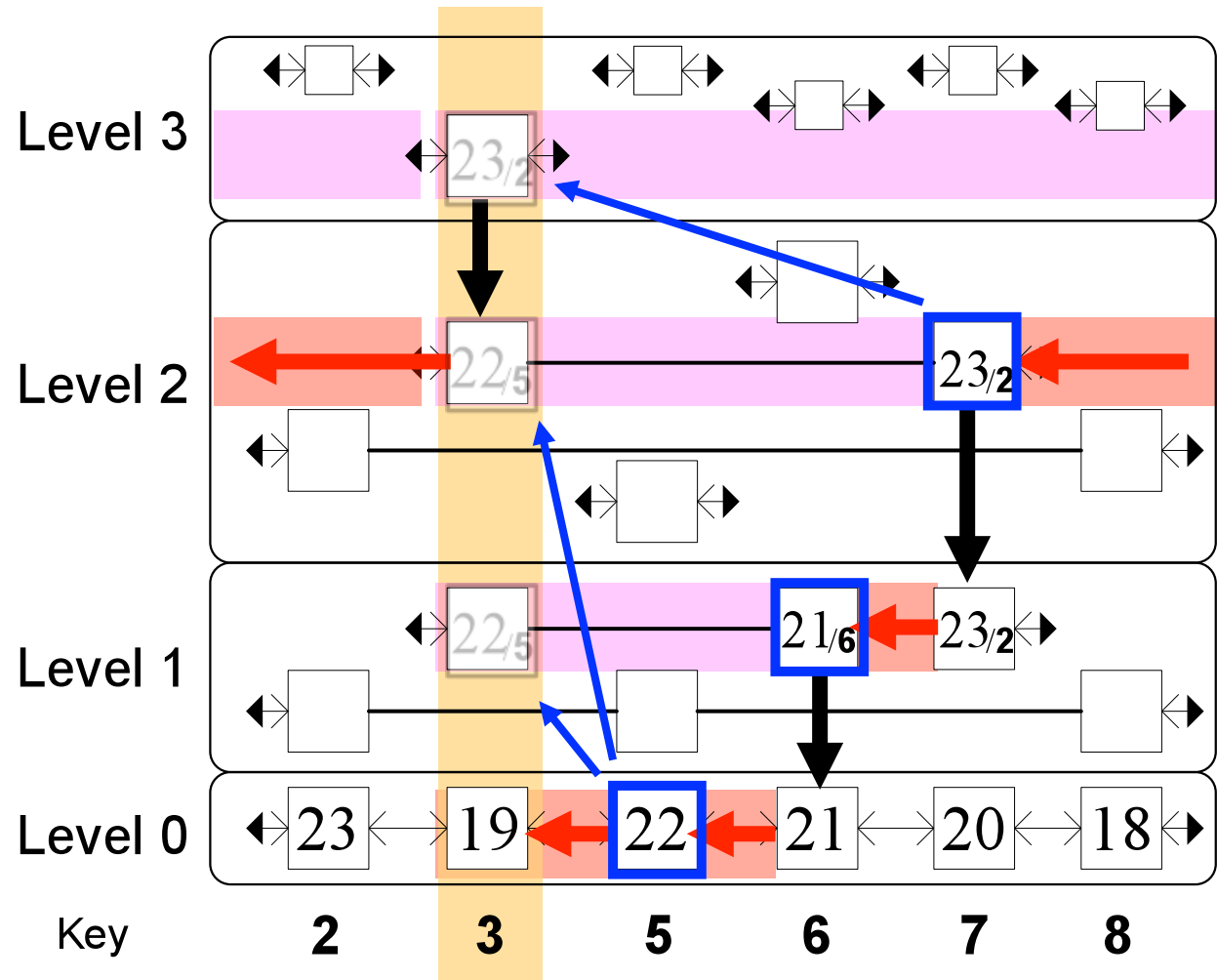
- 前提
 - Skip graphの各ノードはkeyとvalueを保持
- 今回の発表：
 - 指定された範囲でのvalueの集約値を効率よく求める手法
 - 今回は集約値として最大値に絞って発表
- Skip graphのデータ構造を拡張
 - 各レベルである範囲でのvalueの最大値を管理

提案手法のデータ構造



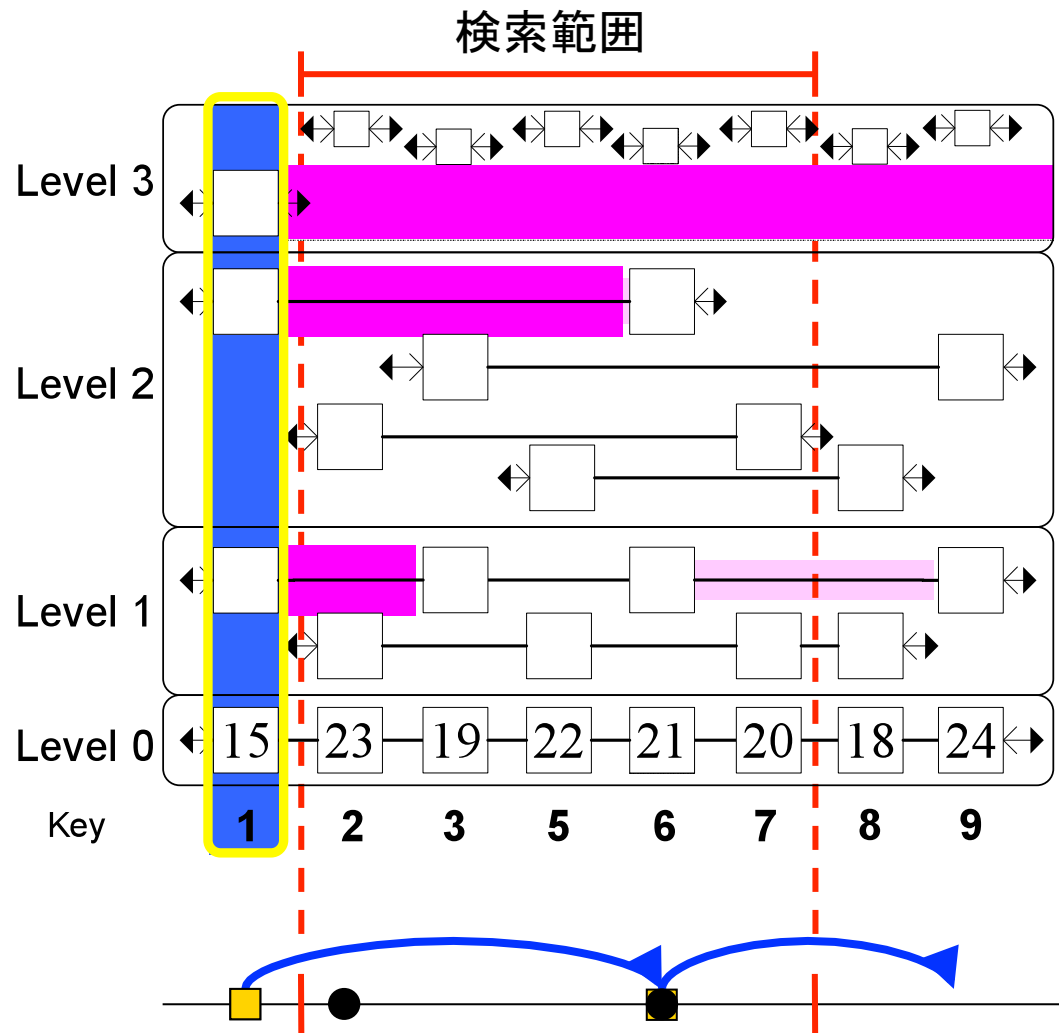
各レベルの最大値更新処理

- Skip graphの階層構造を利用
- 各ノードは階層を下げつつ左ノードにメッセージを転送, レベル0で一周
- ノード数 N のとき, 更新処理に要するホップ数は $\log N$
- 各ノードはこの処理を定期的に行う



指定された範囲の最大値を求める

- ノードは各レベルで右隣のノードまでの最大値を持つ
- 検索範囲の左側から右に向けて検索を行う
- 最悪ホップ数はノード数をNとして $2\log N$ 程度

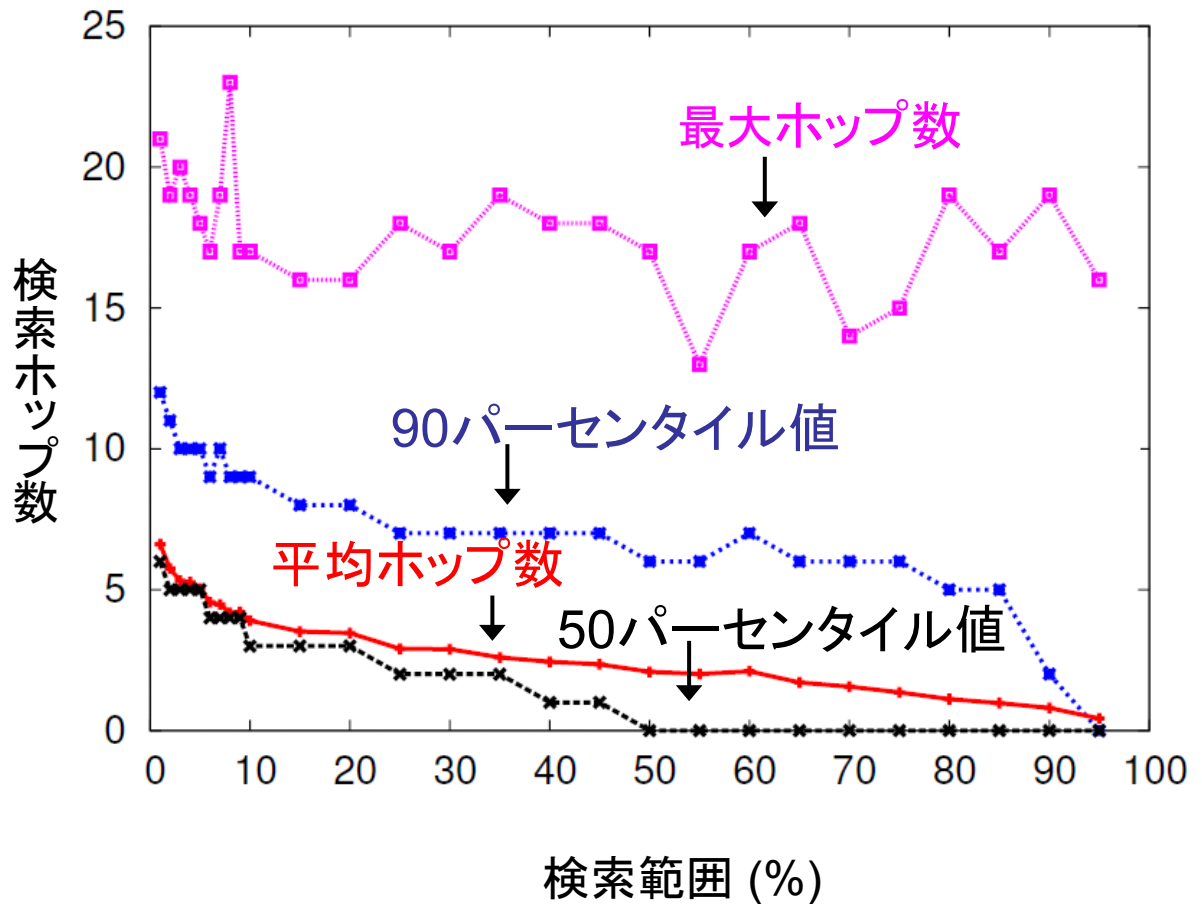


実験

- 集約クエリに要するホップ数を計測
 - ノード数: 1000個
 - key, value: 0~9999の乱数
 - 検索範囲をkeyの値域の1%~95%で変化させた
 - 試行回数: 1000回
 - ホップ数の最大・平均・50,90パーセンタイル値を計測

検索範囲の大きさとホップ数の関係

- 検索範囲が広いほど平均ホップ数が減少
- 最大ホップ数は20程度($2\log N$)
- ほとんどの場合で最大ホップ数の半分程度



既存手法との比較

- ノード数を N , 検索範囲に含まれるノード数を r

	Skip graphの範囲 検索を用いた場合	提案手法
集約クエリに要する メッセージ数	$\log N + r$	最悪の場合 $2\log N$ 程度 (平均は $\log N$ 以下)
集約クエリに要する ホップ数	$\log N + r$	最悪の場合 $2\log N$ 程度 (平均は $\log N$ 以下)
リアルタイム性	○	△
維持管理コスト	特になし	定期的に集約値 更新の必要がある

まとめ

- Skip graphを拡張し効率よく集約クエリを実現
 - 予め各レベルである範囲の集約値を保持
- 探索コストは最悪 $2\log N$ 程度
 - 対象範囲の大きさに依存しない
 - 平均すると $\log N$ 以下で探索可能
 - 既存手法では範囲が広がるほど探索コストが増加
- 幅広い範囲を対象とした集約クエリに有効

今後の課題

- 更新間隔をアダプティブに変更
 - 頻繁に行うとトラフィックが増加
 - リアルタイム性を向上させる
- 最大値以外(平均値や合計値など)の集約クエリの実装
- 実ネットワーク環境での実装

ご清聴ありがとうございました