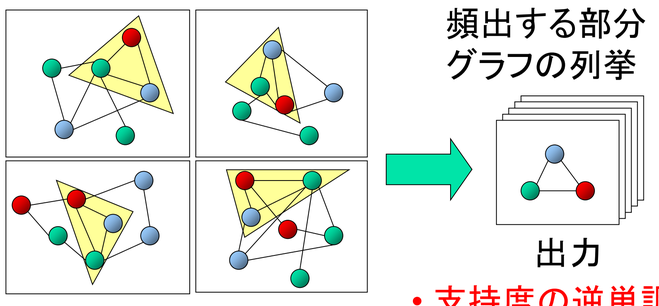
逆探索法によるグラフ系列マイニングの高速化

猪口 明博*1 *2，生田泰章*1，鷲尾 隆*1 *3
*1大阪大学 産業科学研究所，*2科学技術振興機構 さきがけ，*3 科学技術振興機構 ERATO

背景

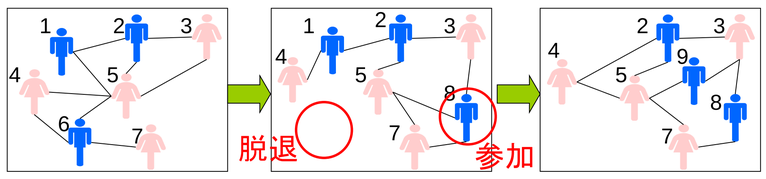
頻出グラフマイニング



- 支持度の逆単調性
- グラフ同型問題

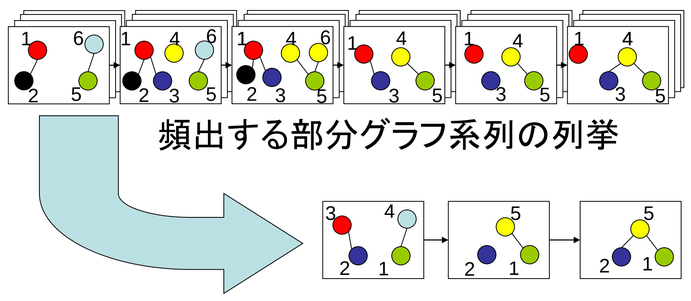
グラフ系列

- 人間関係ネットワークの変化
  - 人：頂点，人間関係：辺
- ホームページのリンク構造の変化
  - HTML文章：頂点，ハイパーリンク：辺
- 遺伝子ネットワークの変化(進化)
  - 遺伝子：頂点，相互作用：辺
- 機械の組み立て
  - 部品：頂点，隣接する部品間：辺



頻出グラフ系列マイニング

グラフ系列の集合が与えられたとき，ある頻度以上出現する頻出する部分グラフ系列の列挙すること

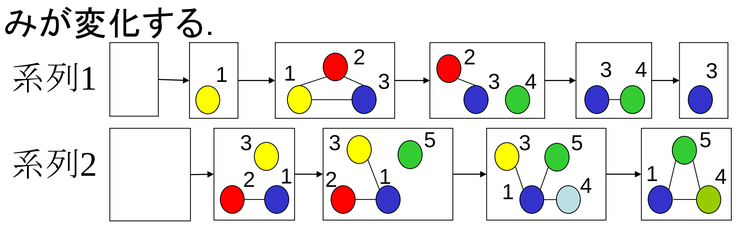


対象とするグラフ系列
- 頂点数，辺数が増減する．
- 頂点ラベル，辺ラベルが変化する．
- 各頂点は，IDをもつ．

GTRACE

基本アイデア

仮定
グラフ系列中の連続する2つのグラフの間では，構造が大きく変化することはなく，ごく一部の構造のみが変化する．



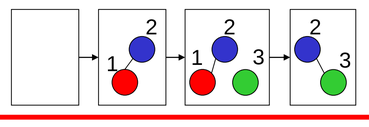
コンパイル

系列1〈(vi),(vi,vi,ei,ei,ei),(vi,ed,ed,vd),(ei,ed,vd),(ed,vd)〉
系列2〈(vi,vi,vi,ei),(vi,ei),(vi,ei,ei,ed,vd),(ei,ed,vd)〉

系列パターンマイニング

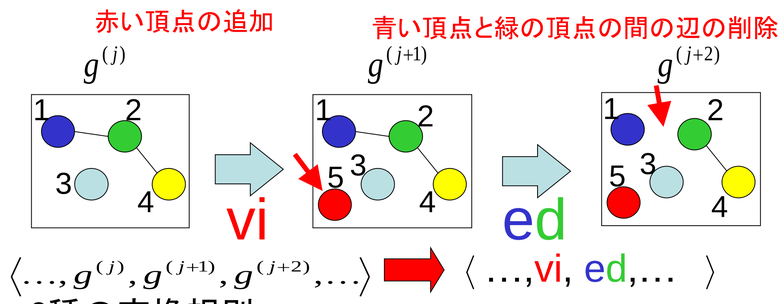
頻出パターンFTS (頻出変換部分系列)
〈(vi,vi,ei),vi,(ei,ed,vd)〉

頻出パターン



変換規則

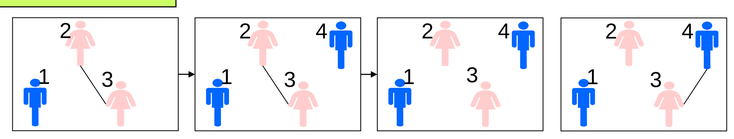
頂点や辺の追加，削除，ラベル変更



$\langle \ldots, g^{(j)}, g^{(j+1)}, g^{(j+2)}, \ldots \rangle$ ⇒ 〈 …,vi, ed,… 〉

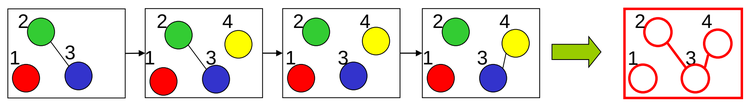
- 6種の変換規則
  - 頂点の追加(vi), 頂点の削除(vd), 頂点ラベルの変更(vr)
  - 辺の追加(ei), 辺の削除(ed), 辺ラベルの変更(er)

関連のあるFTS



2番と3番の人物は関連がある．
3番と4番の人物は関連がある．
⇒ 2番と4番の人物は3番を通して関連がある．
1番の人物は他の人と関連が無い．

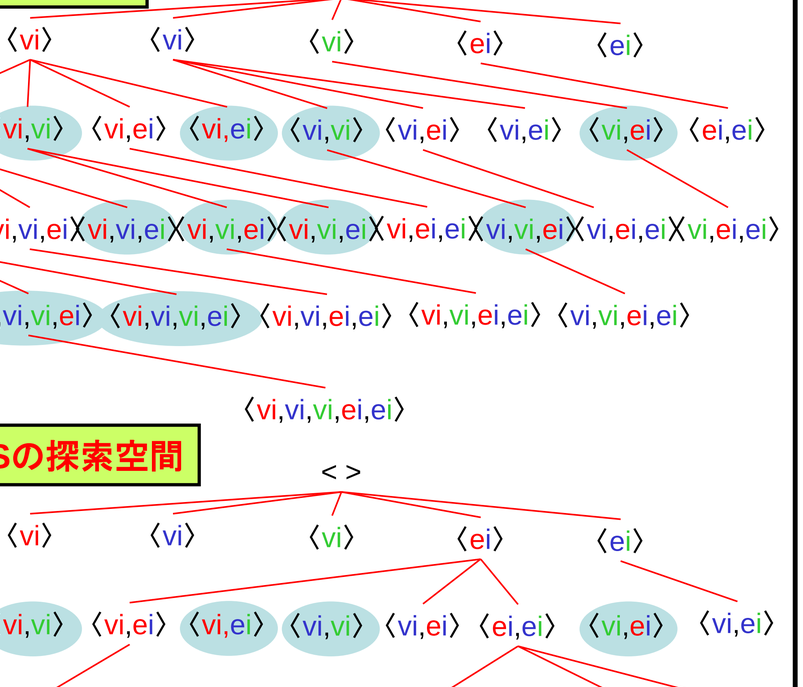
和グラフ



和グラフが連結なら，グラフ系列は関連のあるFTSである．

課題

GTRACEは関連のあるFTSのみを列挙することができず，膨大な数の関連のないFTSを列挙するため多くの計算時間を要する．



GTRACE-RS

逆探索

- 列挙問題に対する，効率的なアルゴリズムの構築を可能にする手法．
- 探索空間を全域木によって表現することができれば，深さ優先探索によって効率良く探索が可能となる．
- すなわち，全ての解Sについて，X∈Sの唯一の親を返す関数P: S→Sを定義できれば，効率良く全ての解を探索可能．

提案手法

- Sを関連のあるFTSの集合とする．
- P: S→Sをみたす所望の関数P(TS)を3つのパーツで構成する．この関数により探索空間を全域木で表現できる．
  - P1(TS): TSの中の頂点に関する変換規則の内，最後の変換規則を削除する．
  - P2(TS): 同一の辺に1つ以上の変換規則が適用される，辺の変換規則の内，最後の変換規則を削除する．
  - P3(TS): 辺に関する変換規則の内，和グラフが連結性を保つように最後の変換規則を削除する．

P3(〈ei〉) =〈〉
P3(〈(ei,ei)〉) =〈ei〉
P2(〈(ei,ei),ed〉) =〈(ei,ei)〉
P1(〈(vi),(ei,ei),ed〉) =〈(ei,ei),ed〉
P1(〈(vi,vi),(ei,ei),ed〉) =〈(vi),(ei,ei),ed〉
P1(〈(vi,vi,vi),(ei,ei),ed〉) =〈(vi,vi),(ei,ei),ed〉
〈(vi,vi,vi),(ei,ei),ed〉

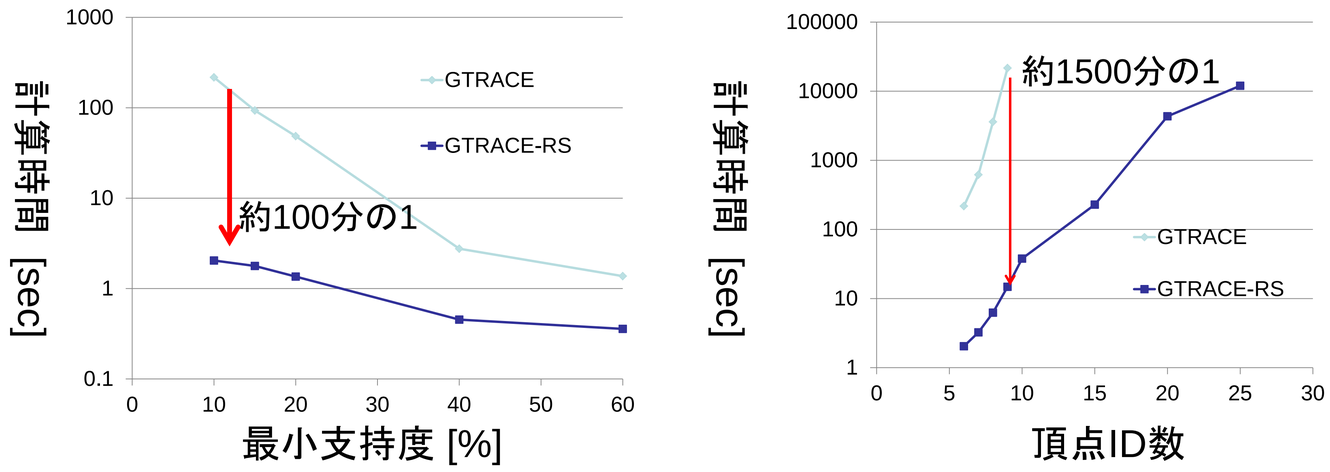
採索の順序

丸で囲まれた変換規則は付加された変換規則

GTRACEの探索空間

GTRACE-RSの探索空間

人工データによる評価実験



まとめ

- 逆探索の原理を用いることによって，関連のあるFTSのみを探索することが可能となった．
- 従来のGTRACEの探索では関連性のないFTSの探索がほとんどを占めているので，計算時間，空間コスト共に大幅に削減することができた．
- 各ステップのグラフがより大きく，長いグラフ系列についても適用可能となった．