

# マーキング・フロンティア法による グラフのs-t単純パス列挙索引化

菅谷 輝治(北海道大学・情報理工学) sugaya@ist.hokudai.ac.jp

## 序論

### 研究の背景

先行研究: Topdown構築[Nishino+, AAAI'17]

- ・特長
  - ZSDDを用いてフロンティア法実行
  - SimpPath[Knuth'11]より数十倍高速にs-t単純パス列挙
- ・改善点
  - (X,Y)-分割を満たすために複雑な処理が必要
  - 解にならない探索枝が多数残る

### 研究の目的

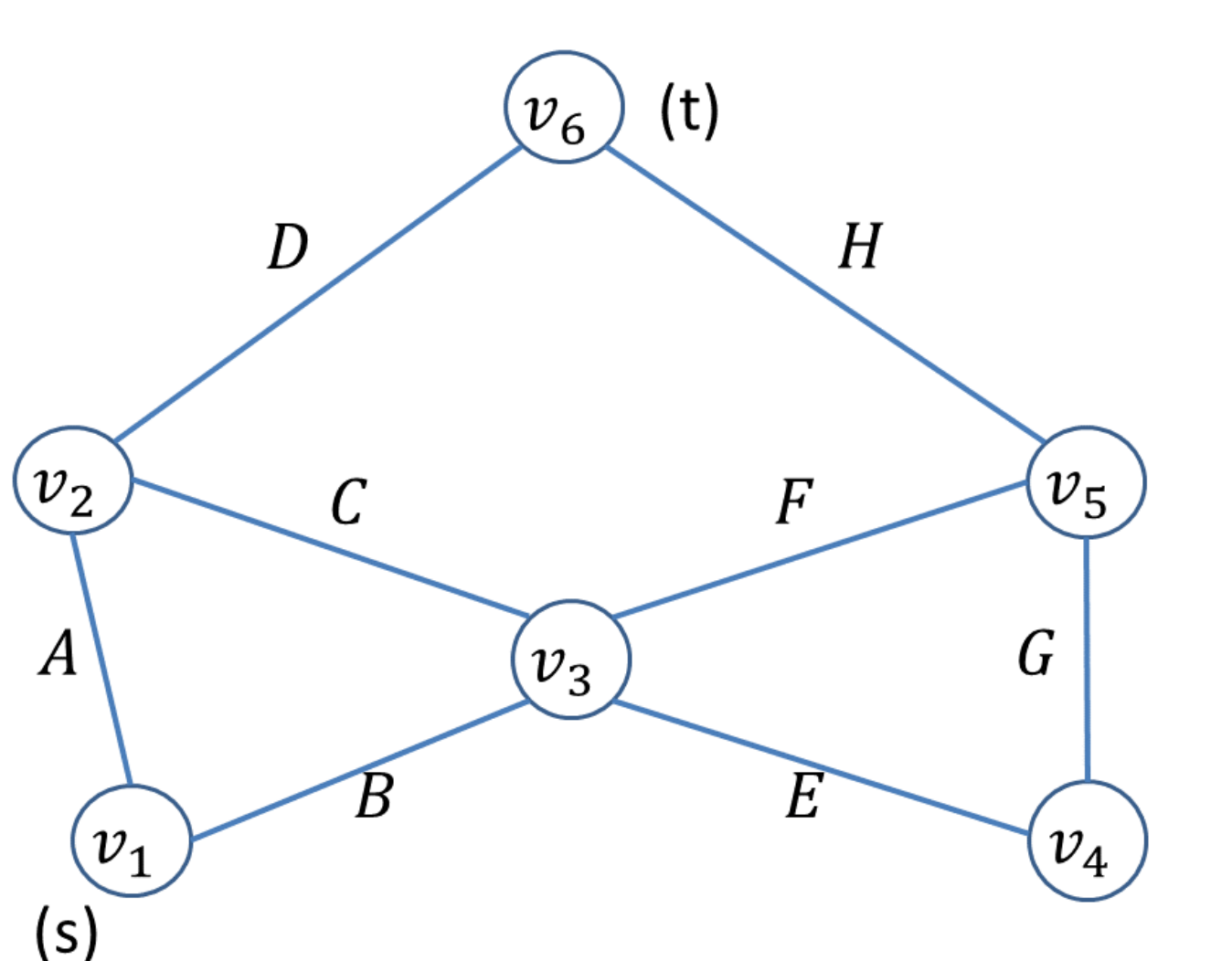
- ・(X,Y)-分割より制約の緩い(X,Y)-分解[Darwiche+, 2010]を採用した索引構造z-sd-DNNFを提案
- ・z-sd-DNNF上でのフロンティア法を設計  
→ **マーキング・フロンティア法**

## 手法

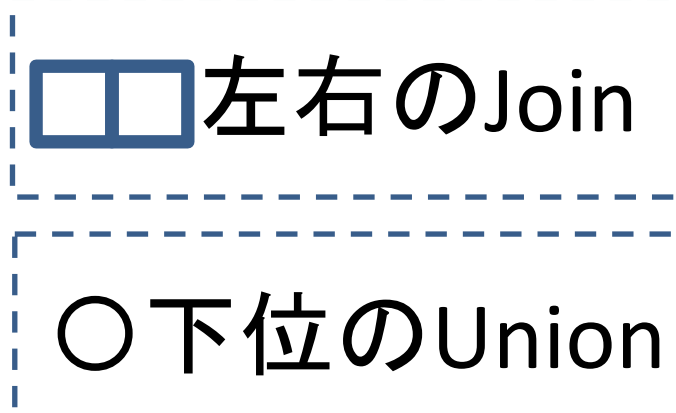
### Vtreeと分解フロンティア法

- ★入力
  - ・グラフ, 起点s, 終点t
  - ・vtree: 葉がグラフの辺に対応する2分木
- ★出力
  - ・グラフに含まれるs-t単純パスの族を表すz-sd-DNNF
- ★アルゴリズム
  - vtreeを下からたどる
  - 葉: 辺を選択するorしない
  - 中点: 左右の集合族をJoin※  
s-t単純パスにならないものを捨てる  
※  $f \sqcup g = \{a \cup b \mid a \in f \text{ and } b \in g\}$
- ★計算量 Wはグラフの枝幅
  - 時間:  $O(W|E|W^{2W})$
  - ノードサイズ:  $O(|E|W^{2W})$

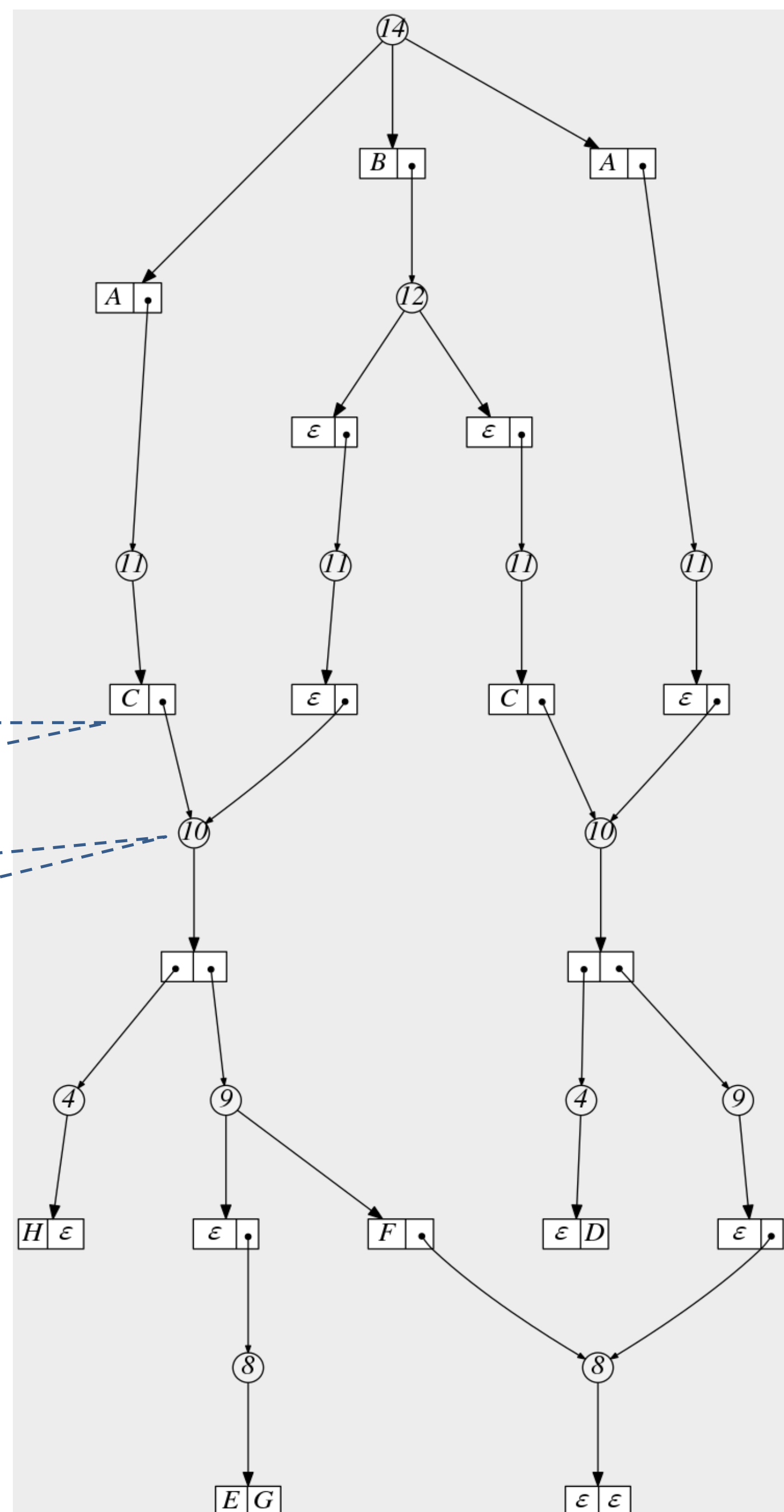
### 【入力】



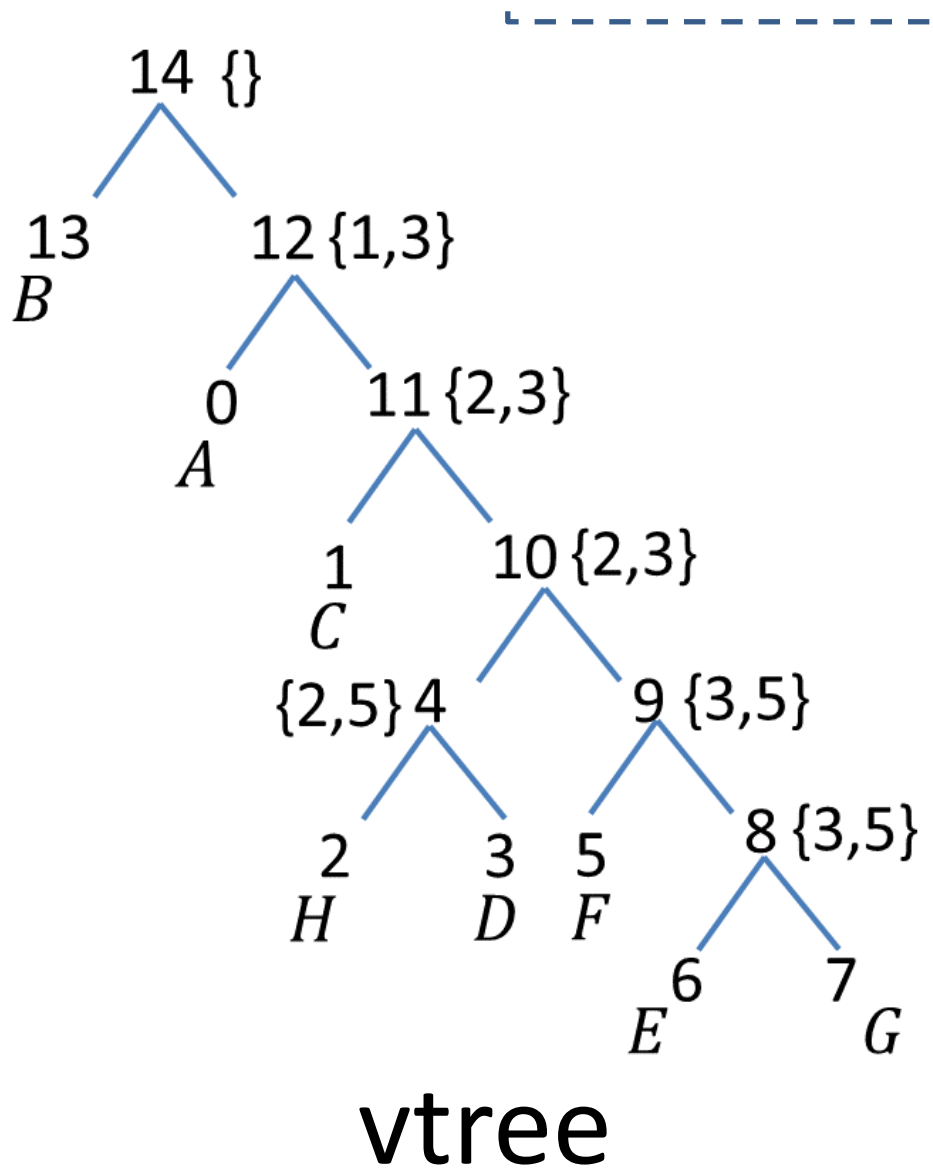
### グラフ



### 【出力】



z-sd-DNNF(既約化前)



vtree

## まとめ

### 結果

- ★処理時間
  - 大幅に短縮 (入力データ中108/136個で提案手法が高速)
  - (最大で約20倍高速化)
- ★ノードサイズ
  - 列挙のみならずサイズ小(全136データで提案手法が小)
  - 既約化も含めるとサイズ大(入力データ13/136で提案手法が小)

## 手法(続き)

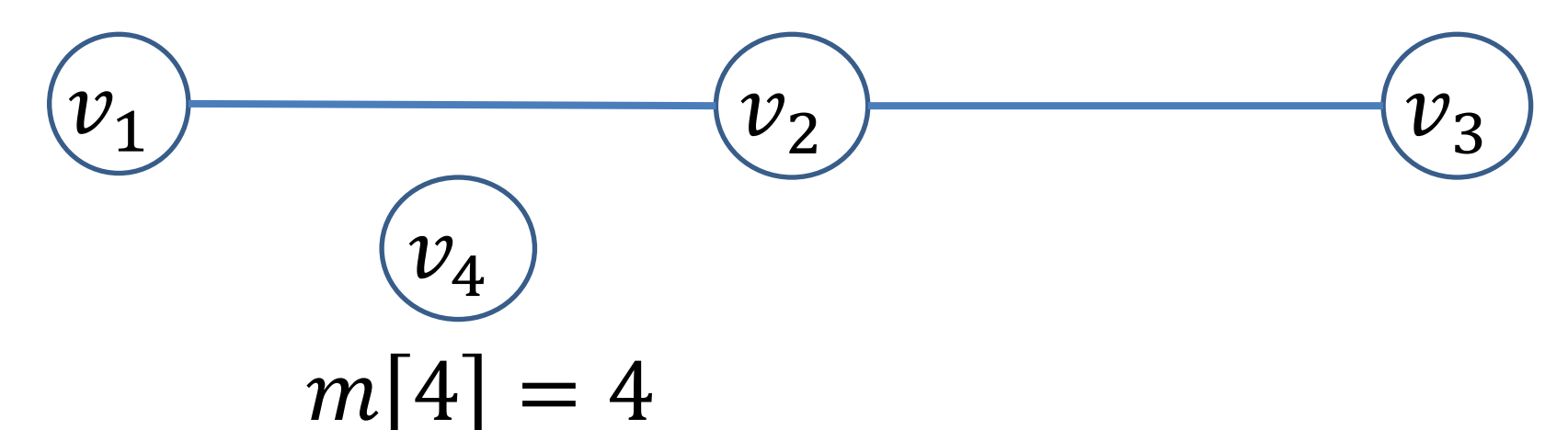
### (X,Y)分解と(X,Y)分割の例

- ・(X,Y)-分解
  - $\{(p, s_1), (p, s_2), (p, s_3)\} \Rightarrow (p, s) := \langle p \rangle \sqcup \langle s \rangle$
- ・(X,Y)-分割(with 暗黙的分割)
  - $\{(p, s_1 \cup s_2 \cup s_3)\}$
  - 左側(prime)は排他というルール
  - ZSDDのCanonicityとApply演算に必要

### Mate配列

$m[1] = 3$        $m[2] = 0$        $m[3] = 1$

[Knuth'11]



### Mate配列のマージ

左右フロンティア上のmate配列をマージ

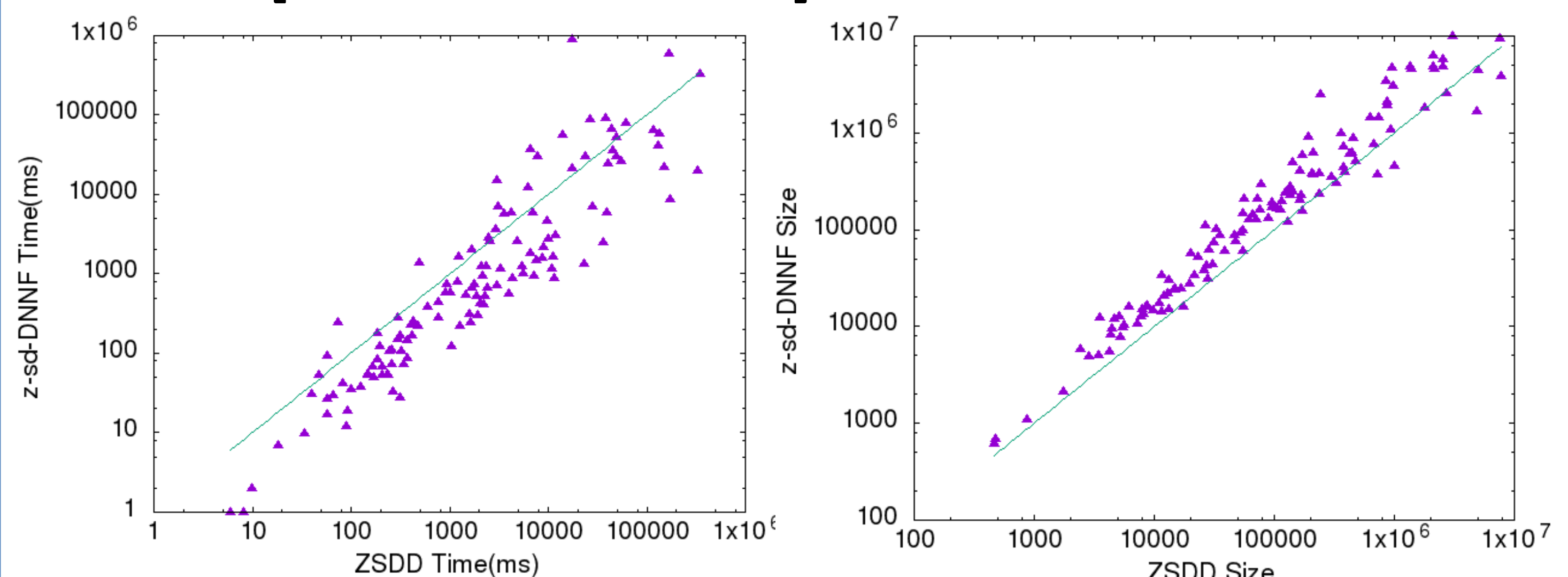
左のmate:  $m^l$  右のmate:  $m^r$

- ①左右の次数の合計が3以上→枝刈り  
ex.  $m^l[u] = m^r[u] = 0$
- ②サイクルが出来る→枝刈り  
ex.  $m^l[u] = m^r[u] = w (\neq u)$
- ③上記以外→更新  
ex.  $m^l[u] = u^l, m^r[u] = u^r$   
 $\Rightarrow m^l[u] \leftarrow 0, m^r[u] \leftarrow 0, m^l[u^l] \leftarrow u^r, m^r[u^r] \leftarrow u^l$

## 実験結果

### 入力

- ・グラフ TSPLIB + RomeGraph 計136個
- ・Vtree作成は枝分解のヒューリスティクス[Cook'03]を利用 [Nishino+ AAAI'17]と提案手法を比較



Instance	V	E	BW	num of paths	ZSDD				sd-DNNF				Vtree time(ms)	SimpPath time(ms)
					Enumeration		Reduce		Enumeration		Reduce			
					time(ms)	num of nodes	time(ms)	num of nodes	time(ms)	num of nodes	time(ms)	num of nodes		
grafo10638.100	100	141	10	9857246709	36801	12573212	1835	1387814	88010	4682754	2382	4620043	646	TO
grafo11227.100	100	142	10	10396775293	164193	61574987	6399	4863914	7801	1677616	758	1666372	648	TO
grafo10962.100	100	145	12	50186929684	TO	TO	TO	TO	146441	18694077	12328	18229064	590	TO
grafo10469.100	100	148	13	51425390662	TO	TO	TO	TO	454244	28882145	14597	28568578	730	TO
grafo10116.100	100	149	12	68950945569	TO	TO	TO	TO	800248	11318708	3047	11205994	753	TO
grafo11335.100	100	153	12	7.08414E+11	TO	TO	TO	TO	725132	27013341	5590	26978289	741	TO
att48	48	130	8	8.0841E+15	946	380008	62	118718	368	145741	30	142834	737	TO
berlin52	52	145	9	2.2578E+17	3166	1361494	229	450849	2604	695001	156	684363	767	TO
eil51	51	142	9	2.43471E+17	2420	914023	161	254678	5510	642953	107	637685	811	TO
eil76	76	215	11	1.48908E+19	224237	61749252	17983	23571302	125921	16850109	3924	16837970	1562	TO