# 研究紹介

平田耕一
九州工業大学情報工学研究院

# 大学の位置


生命体工学研究科
（若松キャンパス）
九州工業大学 大学院
生命体工学研究科
九州工業大学
戸畑キャンパス
本部・工学部
工学研究科
情報工学部
情報工学研究科
九州工業大学
飯塚キャンパス
kyutechプラザ(九州工業大学
天神サテライトキャンパス)
山口県
福岡県
JR鹿児島本線
JR筑豊本線
九州自動車道
八幡IC
中間市
直方市
飯塚市
福岡IC
JR篠栗線
八木山バイパス
新北九州空港
門司IC
行橋市
都市高速
おりお
くろさき
やはた
こくら
のおがた
かしい
はかた
しんいいづか
3
10
200
201
211

# 大学のあゆみ

| | |
|---|---|
| 明治40(1907)年 | 明治専門学校(4年制)設立(2年後開校) |
| 大正10(1921)年 | 官立明治専門学校へ移管(4年制) |
| 昭和19(1944)年 | 明治工業専門学校と改称(3年制) |
| 昭和24(1949)年 | 九州工業大学設置 |
| 昭和40(1965)年 | 工学研究科修士課程設置 |
| 昭和61(1986)年 | 情報工学部設置(学生受入は翌年から) |
| 昭和63(1988)年 | 工学研究科博士課程設置 |
| 平成 3(1991)年 | 情報工学研究科修士課程設置 |
| 平成 5(1993)年 | 情報工学研究科博士課程設置 |
| 平成12(2000)年 | 生命体工学研究科博士課程設置 |
| 平成16(2004)年 | 国立大学法人 九州工業大学 |

# 離散構造

- 文字列
- 木
- グラフ
- 超グラフ
-

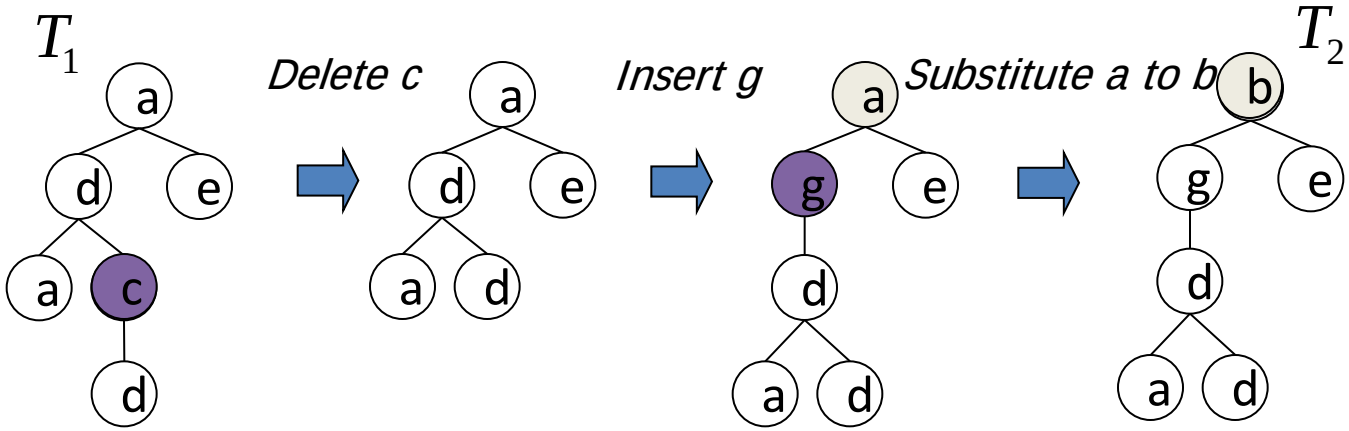
# Distance measures for trees

- 共通部分最大化
  - 似ている部分が大きければ似ている
  - 木の編集距離
- 共通部分頻度最大化
  - 似ている部分が高頻度であれば似ている
  - 局所頻度距離
- 文字列編集距離
  - 木を文字列で表現した後の文字列編集距離
  - オイラー文字列，二分木符号

# Tree edit distance

- 木の編集距離 $\tau(T_1,T_2)$ [Tai 79]
- 木から木へ変換する編集操作の最小数
  - 代入
  - 削除
  - 挿入

$$\tau(T_1,T_2)=3$$



# Tree edit distance

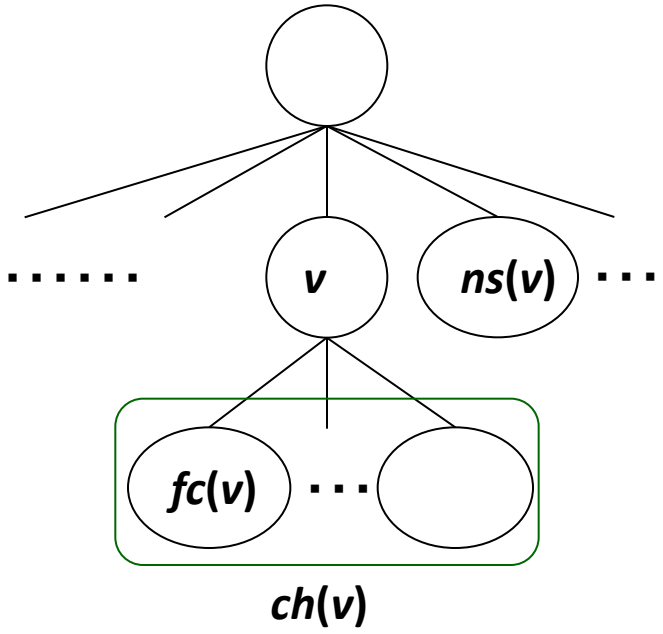
- 時間計算量
  - n : the maximum number of nodes
  - $O(n^6)$ [Tai 79]
  - $O(n^4)$ [Zhang & Shasha 89]
  - $O(n^3 \log n)$ [Klien 98]
  - $O(n^3)$ [Demaine et al. 06]

# Local frequency distance

- 共通部分頻度最大化
  - Leaf, degree and label histograms [Kailing et al. 04]
  - Binary branch [Yang et al. 05]
  - q-gram [Kuboyama et al. 06], bifoliate q-gram [Kuboyama et al. 08]
  - pq-gram [Augsten et al. 05]
  - Sibling histogram [Aratsu et al, 08]
- Efficient but not metric in general
- (Some of them give) constant factor lower bound on tree edit distance

# Local frequency distance

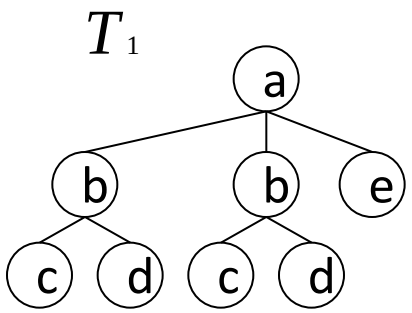
- 局所情報の組合せ
- Local label
  - v : a node
  - ns(v) : the next sibling of v
  - fc(v) : the first child of v
  - ch(v) : the children of v




| $f_i$ | *Local information* |
|---|---|
| $f_0$ | $(v)$ |
| $f_1$ | $(v, fc(v))$ |
| $f_2$ | $(v, ns(v))$ |
| $f_3$ | $(v, fc(v), ns(v))$ |
| $f_4$ | $(v, ch(v))$ |

*$f_0$ :label histogram [Kailing 04]*
*$f_3$ :binary branch [Yang 05]*
*$f_4$ :sibling histogram [Aratsu 08]*

# Local frequency distance

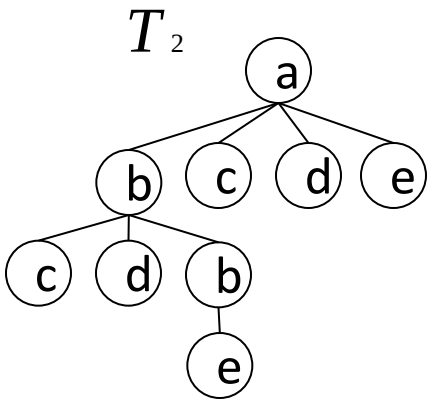



| (*v*) | freq |
|---|---|
| *a* | 1 |
| *b* | 2 |
| *c* | 2 |
| *d* | 2 |
| *e* | 1 |

| (*v*,*fc*(*v*),*ns*(*v*)) | freq |
|---|---|
| (*a*, *b*, ε) | 1 |
| (*b*, *c*, *b*) | 1 |
| (*c*, ε, *d*) | 2 |
| (*d*, ε, ε) | 2 |
| (*b*, *c*, *e*) | 1 |
| (*e*, ε, ε) | 1 |

| (*v*, *ch*(*v*)) | freq |
|---|---|
| (*a*, *bbe*) | 1 |
| (*b*, *cd*) | 2 |
| (*c*, ε) | 2 |
| (*d*, ε) | 2 |
| (*e*. ε) | 1 |

*$L_1$-distance* $\delta_0$ $\delta_3$ $\delta_4$




| (*v*) | freq |
|---|---|
| *a* | 1 |
| *b* | 2 |
| *c* | 2 |
| *d* | 2 |
| *e* | 1 |

| (*v*,*fc*(*v*),*ns*(*v*)) | freq |
|---|---|
| (*a*, *b*, ε) | 1 |
| (*b*, *c*, *c*) | 1 |
| (*c*, ε, *d*) | 2 |
| (*d*, ε, *b*) | 1 |
| (*d*, ε, *e*) | 1 |
| (*b*, *e*, ε) | 1 |
| (*e*, ε, ε) | 2 |

| (*v*, *ch*(*v*)) | freq |
|---|---|
| (*a*, *bcde*) | 1 |
| (*b*, *cdb*) | 2 |
| (*b*, *e*) | 1 |
| (*c*, ε) | 2 |
| (*d*, ε) | 2 |
| (*e*. ε) | 2 |

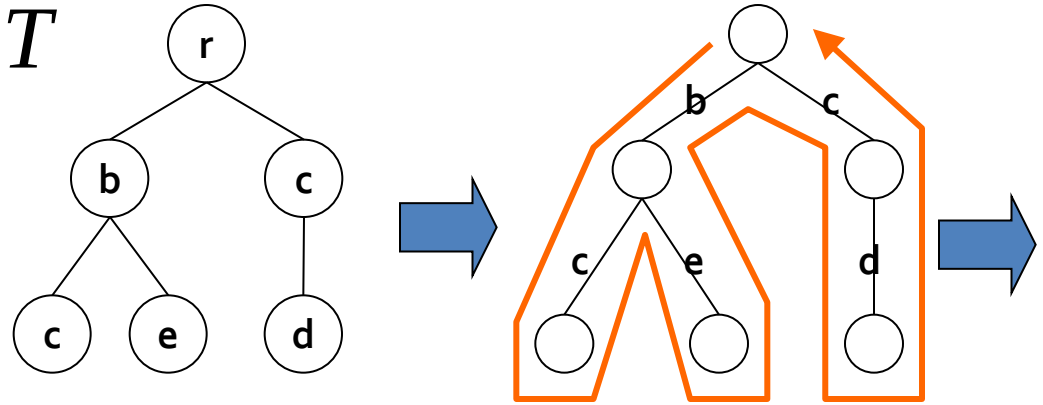
# Local frequency distance

| *Distances* | *Time complexity* | *Lower bound ($\tau$:ted)* | |
|---|---|---|---|
| *Tree edit distance* | $O(n^3)$ | - | |
| *Leaf histogram [Kailing et al. 04]* | $O(n)$ | $\leqq\tau$ | |
| *Degree histogram [Kailing et al. 04]* | $O(n)$ | $\leqq 3\tau$ | |
| *Label histogram [Kailing et al. 04]* | $O(n)$ | $\leqq 2\tau$ | $\delta_0$ |
| *Binary branch [Yang et al. 05]* | $O(n)$ | $\leqq 5\tau$ | $\delta_3$ |
| *q-gram [Kuboyama et al. 06]* | $O(qln)$ | *(not exist)* | |
| *Bifoliate q-gram [Kuboyama et al. 08]* | $O(gdmin(q,d)ln)$ | *(not exist)* | |
| *pq-gram [Augsten et al. 05]* | $O(pqn)$ | *(not exist)* | |
| *Sibling histogram [Aratsu et al. 08]* | $O(n)$ | $\leqq 4\tau$ | $\delta_4$ |

*l* : the number of leaves, *d* : depth, *g* : degree

# String representation of trees

- *Euler string es(T) of a tree T*




Upward traversal

$$es(T) = b\,c\,\underline{c}\,e\,e\,\underline{b}\,c\,d\,\underline{d}\,\underline{c}$$

- $\sigma$ *: string edit distance*

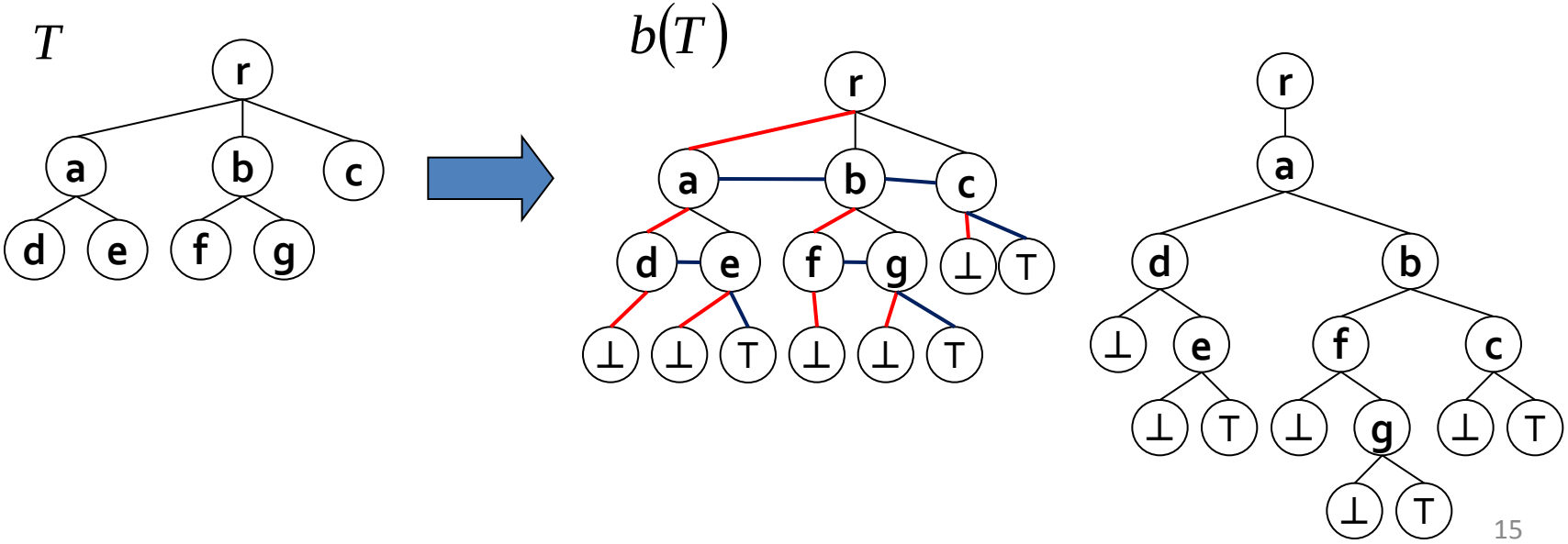
[Akutsu 06]

$$\frac{\sigma(es(T_1), es(T_2))}{2} \le \tau(T_1, T_2) \le (2h+1)\sigma(es(T_1), es(T_2))$$

h:minimum height

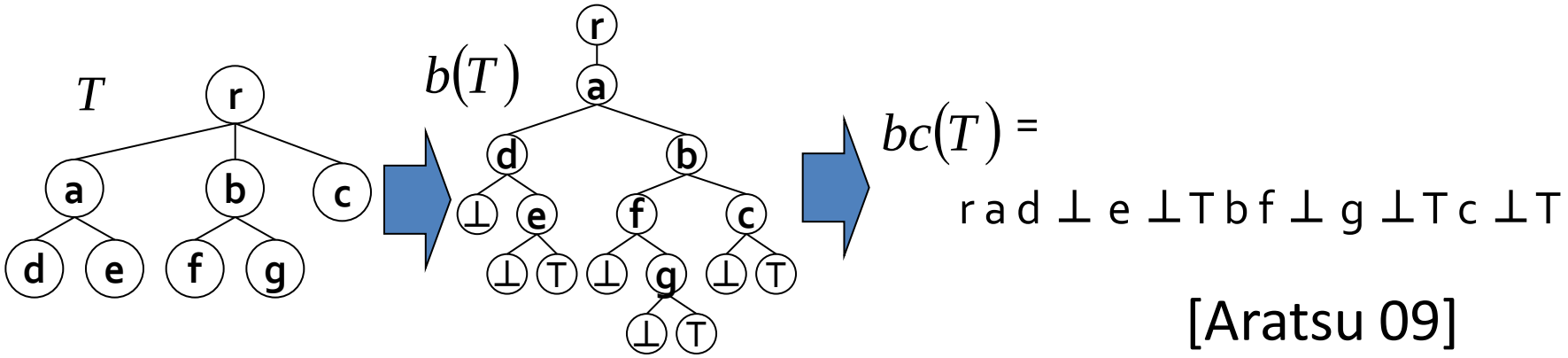
# String representation of trees

- *Binary tree representation b(T) of a tree T*
  - *fc(v) (or ⊥ if no exists) is a left child of v in b(T)*
  - *ns(v) (or ⊤ if no exists) is a right child of v in b(T)*
  - *If v is a root r, then r has just a left child*



# String representation of trees

- *Binary tree code bc(T) of a tree T*
  - *The string obtained by preorder traversal of b(T)*




[Aratsu 09]

$$\frac{\sigma(bc(T_1), bc(T_2))}{2} \leq \tau(T_1, T_2) \leq (h+1)\sigma(bc(T_1), bc(T_2)) + h$$

# Distance measures for trees

| | Measure | Complexity | Metric | 編集距離の近似 |
|---|---|---|---|---|
| 木の編集距離 | 共通部分のサイズ | $O(n^3)$ | Yes | |
| 木の編集距離の亜種<br>top-down, bottom-up, degree-2, constrained | 共通部分のサイズ | $O(n^2)$ | Yes | 定数上界 |
| 局所頻度距離 | 共通部分の頻度 | O(n) | No | 定数下界 |
| 文字列表現 | 文字列編集距離 | $O(n^2)$ | Yes | 定数下界・上界 |
| Edit Sensitive Parsing [Garofalakis 05] | 共通部分の頻度<br>＋埋め込み | O(nlog*n) | Yes | 下界・定数上界<br>（移動付き） |
| 今の興味 | | O(n)<br>～O(nlogn) | Yes | 定数下界・上界 |