

# 研究スタッフ

教授： 篠原 歩

## 研究目的

未来情報社会で要求される、より高度な知的機能を有した高信頼の人にやさしいシステムの実現を目指して、理論と応用の両面から研究を展開する。

- 文字列パターン照合やデータ圧縮を高速に行うためのアルゴリズムとデータ構造の開発
- 大量のデータからそこに潜むパターンを発見する手法の開発
- 機械学習の理論とロボット制御・協調動作への応用

## 主な研究テーマ

### 1. ロボカップ4足リーグへの挑戦

ロボカップサッカーは、自律移動型ロボットを使った競技会形式で行われているもので、ロボット工学と人工知能の融合、発展のために提唱され、毎年、世界大会も行われている。我々は、エンターテインメントロボットAIBOを改造なしでそのまま使う「4足ロボットリーグ」に参加して上位入賞をねらっている。そのために必要となる様々な基礎技術の開発を行っている。

#### 4足ロボットリーグの技術的課題

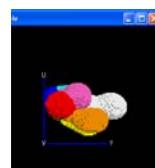
- 4足歩行/各種行動生成
  - 多自由度 (15自由度)
- 画像処理
  - グローバルビジョンなし
  - 視野の狭さ 約60° x 40°
  - 外部計算機の使用禁止
- 自己位置認識
  - ランドマークの認識
  - 多くの場合1つしか見えない
- 協調行動



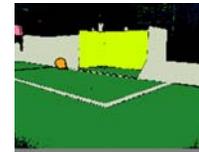
- ・ 2003年から参戦.
- ・ 2005年世界大会において初の決勝トーナメント進出(8強)をはたした。(14カ国から24チーム, うち日本からは5チームが出場)



原画像 (208 x 160ピクセル)  
各ピクセルは Y, U, V の値 (0~255)で表されている



減色処理



減色された画像

各ピクセルは8ビットのデータ  
各ビットが注目色の存在を表す



ゴールの認識処理

## 2.高速フーリエ変換による近似文字列照合の高速化

不一致を許した近似文字列照合は、

テキスト文字列  $T = t_1 \dots t_n$

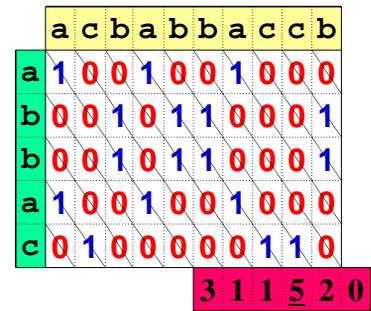
パターン文字列  $P = p_1 \dots p_m$

との間のスコアベクトル  $C = c_1 \dots c_i \dots c_{n-m+1}$

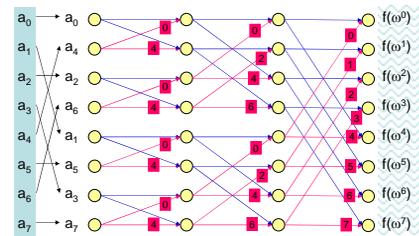
$$C = \sum_{j=1}^m (t_{i+j-1} \otimes P_j)$$

$$x \otimes y = \begin{cases} 1 & x = y \\ 0 & x \neq y \end{cases}$$

とみなせるが、高速フーリエ変換(FFT)を活用することによってこの計算を高速化した。



acbabaccbとabbacの間のスコアベクトル (311520)は、それぞれの位置における一致状況を表すが、そのまま計算すると $O(mn)$ 時間を要する。



$$f(x) = a_0 + a_1x^1 + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4 + a_5x^5 + a_6x^6 + a_7x^7 \quad \omega^8 = 1$$

$O(m \log m)$ 時間で数値列の畳み込み演算を計算できるが、これをそのまま文字列へ適用することはできない。我々は、 $\Sigma$ から $\{-1,1\}$ へのすべての写像を考えた平均をとることと、確率アルゴリズムの導入によってこの問題を解決した。

### 主定理

決定性のアルゴリズム :  $O(2^{|\Sigma|} n \log m)$  時間.

確率アルゴリズム :  $O(k n \log m)$  時間.

(アルファベットサイズ $|\Sigma|$ が大きいときに有効)

期待値は真の値  $c$  に一致し、分散は

$$V(\hat{s}) = \frac{1}{k} \sum_{a < b} \tau(a, b)^2 \leq \frac{(m - c)^2}{k}$$

ここに  $\tau(a, b) := \#\{j \mid (t_i, p_j) = (a, b) \text{ or } (b, a), 1 \leq j \leq m\}$

## 3.一変数の文字列方程式の解の上限

文字列方程式の例題 :

各等式がなりたつ変数代入を見つけよ.

(1)  $XaabY = ababaabbababa$

(2)  $XaYbbY = bbaaabXb$

(3)  $YYXbaaaaZ = ZYYXaaaaab$

(4)  $XabYY = bZZYX$

答え(1)

$X := abab$

$Y := bababa$

答え(2)

$X := bba$

$Y := ab$

答え(3)

$X := aaaabaaaa$

$Y := aaaabaaaaaaaaabaaaaabaaaa$

$Z := aaaabaaaaaaaaabaaaaabaaaaaaaaabaaaaaaaaab$

答え(4)

解無し

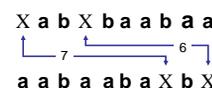
### 主定理

1変数の文字列方程式は、解を持つとすればその最小解の長さは、高々

$$\max_{1 \leq k \leq m} d_k + \min_{1 \leq k \leq m, d_k \neq 0} d_k - 2$$

この上限は厳密であり、この上限に一致する任意の長さの方程式を生成できる。

上式で $d_i$ は、左辺と右辺の $i$ 番目の変数出現の位置の差を表す。例えば、 $XabXbaabaa = aabaabaXbX$ では $d_1 = 7, d_2 = 6$ である。



$$7 + 6 - 2 = 11$$

$$X := \overbrace{aabaabaa}^{11}$$

これらの例が示すように、解の長さは問題の長さに比べて極めて長くなりうるため、その計算は見かけほど容易ではない。一般の文字列方程式の計算量に関しては、PSPACEに属し、NP困難であることが知られている。