

ピクトグラムの構成要素に関する配置ルール抽出方式

A Rule Extraction Method for Arranging Pictogram Components

松田 基弘[▼] 伊藤 一成[♦]
 テュールスト マーティン ヤコブ^{*}
 橋田 浩一[▲]

Motohiro MATSUDA Kazunari ITO
 Martin J. DÜRST Kōiti HASIDA

ピクトグラムは複数の構成要素の組合せによって作成することが推奨されており、様々な配置が想定される。そのため、世界共通に理解可能なピクトグラムをデザイン原則の知識なしに作ることは難しい。この問題を解決するには、自動的に不適切な配置を排除し、適切な配置を支援する仕組みが必要であると考え。本論文では、そのような配置を抽出する手法として、多数のデータ集合を想定としたルール抽出アルゴリズムを提案し、被験者数名の作成した配置データをもとにその有効性を検証する。

Pictograms should be composed of several components, with an appropriate layout. However, it is difficult for non-experts to create pictograms that conform to established design principles and can be understood world-wide. We postulate that this problem is best solved by a framework that automatically eliminates inappropriate layouts and supports the creation of suitable layouts. In this paper, we propose an algorithm that extracts rules for pictogram layout based on input from a large number of people. We verify the effectiveness of our algorithm based on layout data obtained from several test subjects.

1. はじめに

障害者生活支援や、幼児期における学習支援の分野で、ピクトグラムを活用した事例が数多く報告されている。また、今後グローバルコミュニケーション化の流れにおいて、ピクトグラムが重要な役割を担うことが期待されている。

[▼] 学生会員 青山学院大学大学院 理工学研究科 理工学専攻 知能情報コース 博士前期課程
matsuda@sw.it.aoyama.ac.jp

[♦] 正会員 青山学院大学 理工学部 情報テクノロジー学科
kaz@it.aoyama.ac.jp

^{*} 非会員 青山学院大学 理工学部 情報テクノロジー学科
duerst@it.aoyamac.jp

[▲] 非会員 産業技術総合研究所 情報技術研究部門
hasida.k@aist.go.jp

2005年4月に制定されたコミュニケーション支援用絵記号デザイン原則 (JIS T 0103) [1]では、世界共通に理解可能なピクトグラムを、複数の組合せによって作成することを推奨している。しかし、その作成方法を考慮する場合、構成要素となるピクトグラムには様々な配置が考えられる。そのため、配置次第ではデザイン原則に違反したり、伝えたい内容が十分に理解されない場合も考えられる。そこで、自動的にそのような不適切な配置を排除し、適切な配置を支援する仕組みが必要であると考え。本論文では、そのような配置を抽出する手法として、多数の配置データ集合から適切な配置をルール抽出するアルゴリズムを提案する。

2. ピクトグラムに関する研究動向

ピクトグラムとは日本語で“絵文字”と呼ばれるグラフィックシンボルであり、意味するものの形状を使って、その意味概念を理解させる記号である[2]。本論文では、名詞や動詞と一対一対応のイメージをピクトグラムと呼ぶことにする。ピクトグラムを活用した事例は数多く報告されているが、ピクトグラムを内部構造化し、その構造化データに対してルール抽出する試みは行われていないのが実情である。

そこで本論文では、我々の提案する、複数のピクトグラムを二次元的に配置させる絵文と、絵文を定義するスキーマ[3]をもとに、ピクトグラムをあらかじめ内部構造化する。その構造化データをもとに配置ルールを抽出する。これにより、ピクトグラムの構成要素間の意味構造に着目したルール抽出を行う。

3. 定義

3.1 要素間関係

複数の組合せによるピクトグラムは何らかの構成要素の組合せで作られ、その構成要素間には意味関係が存在すると考えられる。図1に例を示す。

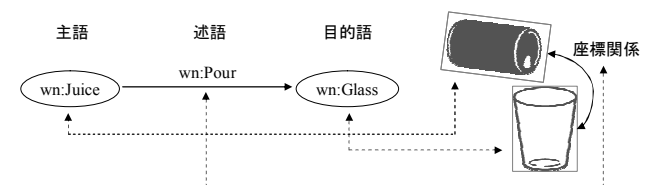


図1 ピクトグラムの構成要素間に生じる意味関係

Fig. 1 Semantic Relation between Pictogram Components

図1は、“ジュース”と“コップ”のピクトグラムを構成要素として、“ジュースをコップに注ぐ”という絵文を作成した例である。ジュースとコップの間には“注ぐ”という言語関係が成り立つ。さらにその言語関係は、それらの配置に関する座標関係と捉えることもできる(図1右)。これをRDF (Resource Description Framework)のトリプルへ対応付けすることを想定している(図1左)。また、以下、2つのピクトグラム間の座標関係によって定義される関係を“要素間関係”と呼ぶことにする。

ただし、要素間関係は構成要素間の相対的配置であり、絵文全体から見た絶対配置を定義する必要がある。本論文では、要素間関係は構成要素間の二項関係だけでなく、構成要素単体の一項述語の役割も含むことでこの問題を解決する。構成要素単体の一項述語は、構成要素を何も持たない空の絵文から構成要素への二項関係で定義する。これは、構成要素を何

も持たない空の絵文は、単体では名詞の意味を持たない、構成要素を配置するための空間領域（キャンバスに相当）と捉えることができるからである。絶対配置を定義することによって、要素間関係のみでの絵文全体の再構築を可能とする。

3.2 正規化座標

一般的に、絵文の座標はキャンバスを基準とした物理座標系で表現される。しかし本論文では、要素間関係は基準となる構成要素から対象となる構成要素への論理位置関係によって定義する。絵文の構成要素を物理座標系と論理座標系、それぞれに着目した例を図2に示す。

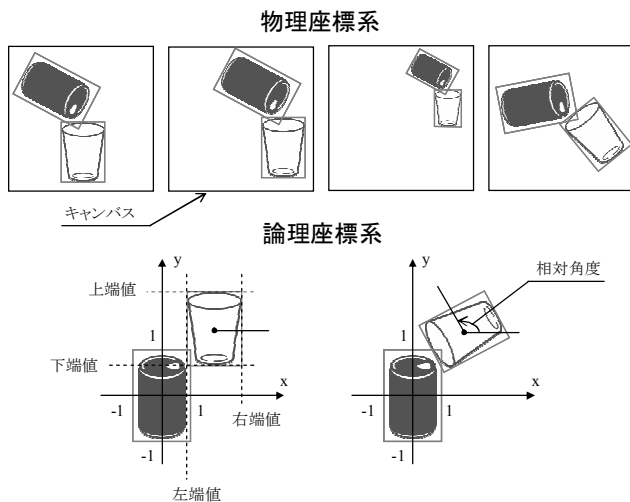


図2 物理座標系と論理座標系における表示例

Fig. 2 Examples of Physical and Logical Coordinates

図2上に示す物理座標系による各種配置は、図2右下の論理座標系表現によってすべて同一の配置関係と捉えることができ、情報の冗長性が削減できる。また、物理座標系は、その座標系を定義する媒体に左右され、汎用性に欠けるという問題がある。物体を論理座標系で表現する試みは数多く見受けられるが、ピクトグラムを構造化において異なるのはこの点である。論理座標系の定義を以下に示す。まず、基準とする構成要素（“ジュース”）の中心点を原点にとり、その左端値、下端値を-1、右端値、上端値を1とする。対象とする構成要素（“コップ”）は、基準とする構成要素の原点を基準とした座標系によって表現する。対象とする構成要素の左端値、下端値、右端値、上端値は、図2左下に示すように、基準から見た対象の相対角度を逆回転した場合の値とする。その際、基準および対象とする構成要素の、下端および上端、左端および右端は、x軸、y軸にそれぞれ平行である。

3.3 信頼度

絵文を作成する過程で構築、蓄積される要素間関係は、情報の信頼性を考慮する。なぜなら、ピクトグラムを作成する人物、媒体、方法などの様々な要因によって情報の信頼性が異なると考えられるからである。また、配置ルールを作成する場合、一人の教師データを利用する方法と、多数のデータ集合からルール抽出する方法の2つが考えられる。本論文では、教師データを絶対視することなく多数のデータ集合と画一的に取り扱っており、それぞれを明確に区分する尺度が必要となる。本論文では、その尺度を要素間関係の信頼性で表現し“信頼度”と呼ぶ。信頼度は0から1の実数値をとる

ものとする。信頼度を考慮することによって、多数のデータ集合からのルール抽出だけでなく、信頼度を考慮した少数のデータ集合からのルール抽出も可能とするとともに、多様なニーズに対応することが可能となる。

3.4 入出力

本手法で想定とする入出力データについて定義する。入力データは、図2に示した論理座標系で定義される左端値、右端値、上端値、下端値、相対角度を持つ要素間関係の集合とする。出力データは、ルールに適合する要素間関係の集合の各辺が配置され得る最大・最小領域を、2つの矩形の幾何的制約で表現する。さらにその制約に適合する要素間関係の集合の代表値を持つものとする。このとき代表値とは、出力データが定義する矩形領域に包含されるデータ集合から類推される、最もふさわしい配置を示す。また、入出力データは信頼度を考慮する。

4. 手法

本章では、ルール生成手法のアルゴリズムについて述べる。本論文では、座標関係を位置・角度・大きさ・反転の4要素に分類する。図3に例を示す。



図3 配置の適切さに関する例

Fig. 3 Examples of Suitable and Inappropriate Relative Layouts

“ジュースをコップに注ぐ”というピクトグラムを表現する場合、“ジュース”から見た“コップ”，キャンバス上における“コップ”の、位置・角度・大きさ・反転の4要素の条件を同時に満たすルールを抽出する。ピクトグラムの配置ルール抽出は、多次元空間下におけるルール抽出と同義である。本論文では、入出力データの信頼度と形状に留意したルール生成アルゴリズムを提案する。

4.1 位置・角度・大きさ

このアルゴリズムは、Apriori[4]をもとに、DBSCAN[5]を拡張したものである。要素間関係の重なりに着目し、ルール生成する。ただし、位置は二次元、角度・大きさは一次元からのルール抽出である。さらに、角度は環状を考慮する。大きさは縦方向長と横方向長をそれぞれ独立して抽出し、logスケールに変換する。

対象とする要素間関係 $p_i, (i=1,2,\dots,m)$ から、信頼度 t_i が最大の要素を取り出す。それぞれ位置・角度・大きさ（縦方

向長・横方向長)を基準として昇順ソートし、最近傍の要素を一つ併合しクラスタを作成する。クラスタは2要素を囲む領域である。位置のクラスタ生成例を図4に示す。併合対象 p_1, p_2, p_3 が存在し、 p_1 の信頼度が最大であるとき(図4左)、最近傍要素順 p_2, p_3 に併合を行う(図4中央・右)。

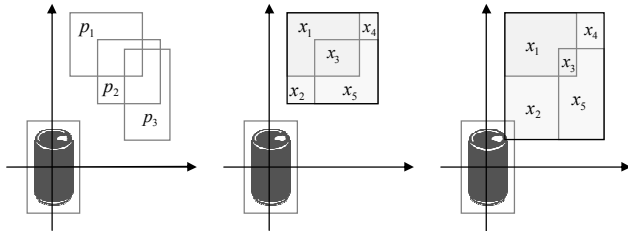


図4 位置に関する併合処理例
Fig. 4 An Example of Merging Locations

併合時には、併合前の要素 p_A を処理対象から除外し、併合後の要素 p_B を以降の処理対象とする。併合は、クラスタ内の分割領域を $x_j, (j=1,2,\dots,n)$, x_k の面積を S_{x_k} とした場合、クラスタの信頼度 T を用いて、以下の条件で行う。また、2要素間の距離が $length$ 以下の場合にも併合を行う。

$$T = \frac{\sum_{g=1}^n (S_{x_g} \times rel(x_g))}{\sum_{g=1}^n S_{x_g}} > \max(t_A, t_B, threshold)$$

$$ただし, \quad rel(x_k) = \begin{cases} 0 & (if \ n=0) \\ 1 - \prod_{\lambda \in x_k} (1 - t_\lambda) & (otherwise) \end{cases}$$

上式を満たす要素間関係が存在しない、またはすべての要素間関係の併合処理が終了した場合には、最終状態をルールとして出力する。

4.2 反転状態

要素間関係の反転状態を基準として、対象とする要素間関係群が反転している割合を示す反転状態信頼度 T_{flip} を算出する。反転している要素間関係 p_t の信頼度を t_t 、反転していない要素間関係 p_f の信頼度を t_f とした場合、 T_{flip} は信頼度を重みとする平均和で定義される。

$$T_{flip} = \frac{\sum t_t - \sum t_f}{\sum t_t + \sum t_f}$$

T_{flip} をもとに、生成ルール C を以下の式で出力する。

$$C = \begin{cases} \sum p_t & (if \ threshold < T_{flip}) \\ \sum p_f & (if \ threshold < -T_{flip}) \\ null & (otherwise) \end{cases}$$

4.3 代表値算出

4.1節から4.2節までの結果は領域あるいは値の範囲となっている。これは絵文からRDFのトリプルへの変換を考える場合、構成要素となるピクトグラムの位置関係制約の条件には、ある程度の揺らぎが必要だからである。一方、RDFのトリプルからそれを表現する絵文への変換を考える場合は、ある代表的な位置関係のみを提示すればよい。本論文では、こ

の場合の各要素の値を代表値と呼んでいる。対象となる要素間関係の左端値を $left(i), (i=1,2,\dots,m)$ とした場合、代表値を以下に定義する。

$$左端値 = \frac{\sum_{k=1}^m (left(k) \times t_k)}{\sum_{k=1}^m t_k}$$

右端値、下端値、上端値の代表値も上式と同様の方法で求められる。相対角度の代表値は、以下の式で定義される。

$$S_{\cos} = \sum_{k=1}^m \cos(angle(k) \times t_k)$$

$$S_{\sin} = \sum_{k=1}^m \sin(angle(k) \times t_k)$$

$$相対角度 = \arcsin\left(\frac{S_{\sin}}{\sqrt{S_{\sin}^2 + S_{\cos}^2}}\right)$$

反転状態の代表値は4.2節の結果を出力する。

5. 実験

本章では、本研究で行った実験について説明する。6つの問題を用いてピクトグラムを作成し、その配置データに対して本手法を適用する。抽出ルールが配置データから類推されるものとしてふさわしいか否かを確認することで、有効性を検討した。また、抽出ルールをもとに、各問題で利用したピクトグラムと言語情報の差異によって生じる配置の相違性、類縁性について検討した。

5.1 実験設定

4章で説明した本手法の有効性を確認する。実験に際しては、我々の開発した絵文のオーサリングツール (Pictorial Authoring Tool)¹ を用いた。学生8名の被験者にツールを用いて絵文を作成してもらい、その配置データに対して本手法を適用した。実験時に設定した各パラメータを表1に示す。配置データの信頼度はすべて0.5に統一し、生成ルールは信頼度0.7を閾値として制限した。パラメータ $length$ の値は以下の式で定義した。

$$length = \sum_{i=1}^m p_i / m$$

実験に用いた問題を表2に示す。各問題は、基準と対象に指定されたピクトグラムを構成要素として、問題文の意味を指す絵文を作成させる。

表1 実験時に用いたパラメータ
Table 1 Experimental Parameters

パラメータ	値
信頼度	0.5
ルール生成時の閾値	0.7
$threshold$ (位置・角度・大きさ)	0.5
$threshold$ (反転状態)	0.7

表2 データ収集に用いた問題一覧

Table 2 List of Problems used for Data Collection

問題番号	基準	対象	問題文
1	机	車	机の上にミニカーがある
2	机	車	机の上に自動車がある
3	机	車	机からミニカーが落ちる
4	ジュース	コップ	ジュースをコップに注ぐ
5	ジュース	ワイングラス	ジュースをワイングラスに注ぐ
6	ジュース	口	ジュースを口に注ぐ

¹ <http://sa.carc.jp/pict/> からダウンロード可能である。

5.2 実験結果

今回作成した問題文では、被験者が作った絵文の共通性を、構成要素間を囲む矩形の幾何的制約としてすべて記述できた。得られた配置結果を論理座標系で表現したものを図5に示す。灰色に区画された領域は、本手法で生成されたルールを示す領域である。その領域を区画する内外の線によって、対象となるピクトグラム各辺を配置可能な左端値、右端値、上端値、下端値それぞれの上限と下限を示している。ルール領域内の対象ピクトグラムを囲む線は、ルールの代表値を示している。対象ピクトグラムの中心点から示す角度は、相対角度の上限、代表値、下限を表現している。

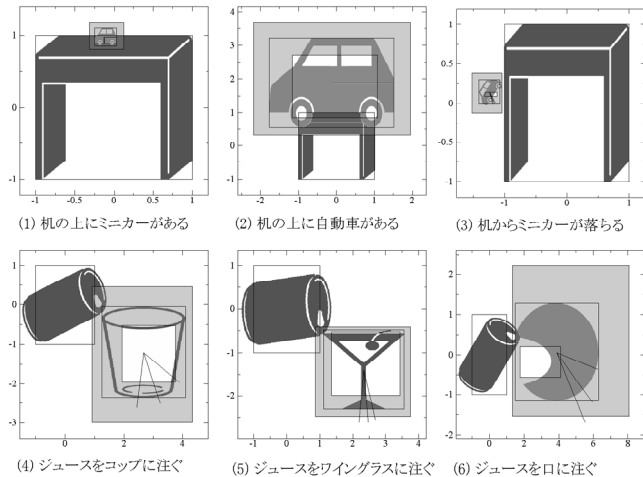


図5 抽出された配置ルール

Fig. 5 Visual Depiction of Extracted Layout Rules

5.3 考察

それぞれの問題で抽出された配置ルールは、問題文の意味を満たすような配置を形成しており、適切な配置状態を導出していると考えられる。

問題1, 2においては、同じピクトグラムを使用しているも、問題文の名詞の差異から、配置ピクトグラムの大きさに相違性が生まれた。このことから、ピクトグラムに複数の意味が存在することが推測できる。問題1, 3においては、問題文の述語関係の差異から配置の位置・角度に差異が生じた。このことから、何らかの異なる述語関係が存在することが推測できる。問題4, 5, 6においては、対象ピクトグラムが異なる場合でもほぼ同じルールが得られた。つまり、これら3つのオブジェクトには類似的関係が存在し、特定の条件下で同等のクラスとして定義できることが示唆された。

しかし、問題3においてはルール生成時の信頼度の閾値を0.5に下げて算出しており、述語関係の存在を見極めることが難しかった。また、問題4, 5, 6においては、類縁性を持つ配置を抽出する場合、ピクトグラムの形状を考慮する必要があることが推測された。問題4, 5と比較して問題6は、対象ピクトグラムの“注がれる”場所が異なっており、意味的な初期配置を決定する必要性があるだろう。さらに配置の角度がやや大きく、これはジュースの注ぎ方が異なることを示している。このように同じ意味を示す配置が複数あるためにルールが一意に定まらず、信頼度が低下する問題が生じた。これら問題を解消しつつ、サンプル数が大きい場合に的確にルールを抽出できるかを確かめる必要がある。

6. まとめと今後の課題

本論文では、ピクトグラムの構成要素に関する配置ルール抽出方式を提案した。本手法では、ピクトグラムの構成要素間に生じる座標関係を、位置・角度・大きさ・反転状態の4要素とみなし、それらを基準として適切な配置を算出する。これらのアルゴリズムは、6つの例題を通じて被験者から収集したピクトグラムの配置データをもとに、その有効性を明らかにした。今後の研究課題として、本手法をより高度な配置状態に対しても適用可能とすることが挙げられる。例えば、4要素の組合せを考えると、本論文では、より代表的な配置を抽出することを重要視している。しかし、組合せによってより詳細なルールを抽出することを重要視する場合も考えられ、その手法について検討したいと考えている。

また、今回の実験では、ピクトグラムと言語情報の差異によって配置の相違性、類縁性が得られた。これらを自動的にルールとして再利用することで、汎用的なオントロジが構築されていくであろう。その仕組みの確立が急務である。

【謝辞】

本研究の一部は、文部科学省科学技術振興調整費「障害者の安全で快適な生活の支援技術の開発－認知・知的障害者の理解特性に合わせた情報提示技術の開発」(平成16年度～18年度)によるものです。ここに記して謝意を表わします。

【文献】

[1] JIS T 0103 (コミュニケーション支援用絵記号デザイン原則), 日本規格協会 (2005).
 [2] 大田幸夫: ピクトグラムのおはなし, 日本規格協会 (1995).
 [3] 伊藤一成, 橋田浩一: 絵文字の利用と理解を促進するためのオントロジマッピング, 日本データベース学会論文誌 DBSJ Letters, Vol. 5, No. 2, pp. 93-96 (2006).
 [4] Ester, M., Kriegel, H.-P., Sander, J. and Xu, X.: A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise, in Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, pp. 226-231 (1996).
 [5] Agrawal, R. and Srikant, R.: Fast Algorithms for Mining Association Rules, in Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Databases, pp. 487-499 (1994).

松田 基弘 Motohiro MATSUDA

現在, 青山学院大学理工学研究科理工学専攻知能情報コース博士前期課程在学中. 日本データベース学会, 情報処理学会各学生会員.

伊藤 一成 Kazunari ITO

博士 (工学). 現在, 青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科助教. 日本データベース学会, 情報処理学会, 電子情報通信学会, 人工知能学会, IEEE, ACM 各会員.

テュールスト マーティン ヤコブ Martin J. DÜRST

理学博士. 現在, 青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科准教授. 情報処理学会, IEEE, ACM, Unicode 各会員.

橋田 浩一 Koiti HASIDA

理学博士. 現在, 産業技術総合研究所 情報技術研究部門 研究部門長. 日本認知科学会, 情報処理学会, 言語処理学会, 社会言語科学会, 人工知能学会, 日本ソフトウェア科学会, Association for Computational Linguistics 各会員.