

オブジェクト指向方法論に基づく オブジェクト図の自動レイアウト

Automatic layout method for object diagrams of OMT

野口 隆佳[†]

Takayoshi NOGUCHI

田中 二郎^{††}

Jiro TANAKA

[†]筑波大学博士課程工学研究科

Doctoral Program in Engineering, University of Tsukuba

^{††}筑波大学電子情報工学系

Information Science and Electronics, University of Tsukuba

概要

オブジェクト指向方法論で用いる主要な図であるオブジェクト図では、見やすく可読性の高いレイアウトが必要である。そのためオブジェクト図の描画エディタに対する自動レイアウト機能の強化が必要である。そこで本研究では、オブジェクト図の構造にあったレイアウトアルゴリズムを検討し、マグネティックスプリングモデルを採用した。実際に図形エディタにこのアルゴリズムを実装し、その有用性を確かめた。

1 はじめに

近年、OMT(Object Modeling Technique) [1]法を用いたオブジェクト指向ソフトウェア開発が注目されており、OMT法のための数多くのCASEツールが開発されてきている。それらのCASEツールの多くがOMTで扱う各種の図を効率良く描くための図形エディタを備えている。しかしそれらのエディタでは図を構成する基本部品をすべてユーザがレイアウトを考慮しながら配置していかなければならない。OMTにおける図の中でもオブジェクト図はシステム開発の基板となるもっとも重要な図である。オブジェクト図はクラスをノードとし、クラス間の関係をエッジで表現する。またオブジェクト図には関連、継承、集約と3種類の関係が存在する(図1)。

2 中島のアルゴリズムの問題点

中島はOMT法におけるオブジェクト図の自動レイアウトシステムを開発し、グラフ描画アルゴリズム

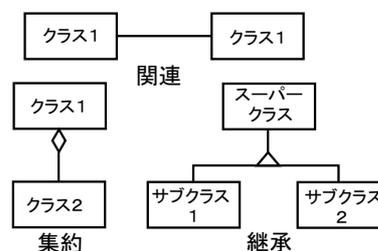


図1 オブジェクト図の表記法

を用いたレイアウト手法を提案した[2]。彼は、オブジェクト図において特に継承関係の木構造(以下継承木)に着目したレイアウトを行なった。継承木をサブグラフとし、レイアウトにWalkerの木描画アルゴリズム[4]を用い、全体をメタグラフとしEadesのスプリングモデル[5]を用いた。

この手法の利点は継承関係がはっきり示される点であるが、以下のような問題点が考慮されていない。

- 本来有向線で表されるべき集約関係が無向線と

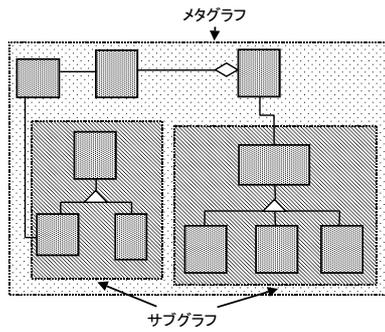


図2 中島によるレイアウト手法

して扱われ、一定の向きに揃わない。

- サブグラフを四角形で表すため、実際にノードが存在しない場所もメタグラフではノードと認識され、全体が疎になりがちである。
- メタグラフのレイアウトを行う時、サブグラフの中のノードの位置を考慮しないため、サブグラフの中のノードと外のノードに関係が存在してもそれらの距離が遠くなる場合がある。

3 レイアウトアルゴリズム

中島のアルゴリズムの問題点を解決するために、我々はオブジェクト図の関係を示すエッジに注目したレイアウトを行う。これはオブジェクト図の関係エッジに、以下のような推奨される方向が存在する[1]ことから有効であると思われる。

- 関連関係は左から右に読むことができるようにクラスを配置する方が望ましい。
- 継承関係はできるかぎりスーパークラスを上を描きサブクラスを下に描くべきである。

エッジを一定の方向にそろえるグラフ描画アルゴリズムの一つに有向グラフ描画アルゴリズムがある。しかしこのアルゴリズムはできるだけ多くのエッジが一定方向を向くようなアルゴリズムであり、複数の種類のエッジをそれぞれ違う方向に向けるようなアルゴリズムではない。そこで提案されたのがマグネティックスプリングモデル [3]である。我々はこのマグネティックスプリングモデルをオブジェクト図のレイアウト手法に適用する。

Eadesのスプリングモデルでは、グラフのエッジをスプリングに見立てることによりノード間に働く力を制御する。関係で結ばれていない非隣接ノード間には斥力 (f_r) が働く。エッジ、すなわちスプリ

ングによって結ばれているノード間には、そのスプリングの長さで引力、斥力と変化する力 (f_s) が働く。これらの力をすべてのノード間に定義することでその安定状態を求めレイアウトを行う。 f_r, f_s は以下のように定義される。

$$f_s = c_s \log\left(\frac{d}{d_0}\right)$$

$$f_r = c_r \frac{1}{d^2}$$

c_s, c_r は定数、 d はノード間の距離、 d_0 はスプリングの自然長を示す。

一方マグネティックスプリングモデルはこれら二つの力の他に磁場による回転力 (f_m) を定義する。この力によってエッジの方向を制御するのである(図3)。 f_m は以下のように定義される。

$$f_m = c_m b d^\alpha |\theta|^\beta$$

α, β, c_m は定数、 b は磁場の強さ、 θ ($-\pi < \theta < \pi$) は磁場の方向とエッジの方向のなす角をそれぞれ示す。

回転力はエッジが磁場の北を向くように回転する力である。しかし、ここで扱う磁場は仮想的なものであり、現実の磁場と違い複数の違う方向を向く磁場を同時に用いることが出来る。これによりエッジの種類によって向く方向を変えることが可能になる。 またマグネティックスプリングも有向磁針と

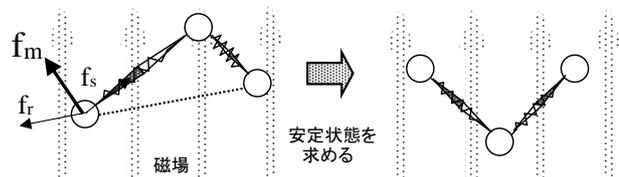


図3 マグネティックスプリングによるグラフのレイアウト

無向磁針の二つがある(図4)。有向磁針は磁針の南が常に磁場の北を向くように回転力が働き、無向磁針は磁場の北に近い方が北を向くように回転力が働く。

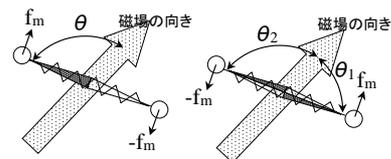


図4 有向磁針(左)と無向磁針(右)が磁場から受ける回転力

では `panel_item` クラスを根とする継承木がサブクラスとして扱われていた。そのため `event` クラスは関連関係を持つ二つのクラスともっと離れた位置にしか配置できなかった。これはレイアウトを階層的に行わないことにより解消された。

6 評価

我々の手法、中島の手法、商用の CASE ツールである Rational Rose [6] の自動レイアウト機能を比較評価した。本研究では以下のような二種類の比較実験を行った。

比較実験 1 3 種類のレイアウト手法によるレイアウト結果の比較。

比較実験 2 オブジェクト図を描画する際に自動レイアウト機能を併用した時の、我々の手法と中島の手法の比較。

両実験とも 7 人の被験者に対する課題として、以下のような 2 種類のオブジェクト図を用意した。

課題 1 酒倉庫問題 [7] のオブジェクト図 (ノード数: 9, エッジ数: 12)

課題 2 アニメーションシステム "OSCAR" のオブジェクト図 [1] の一部 (ノード数: 14, エッジ数: 14)

比較実験 1 では既に 3 種類の手法の自動レイアウト結果を与え、被験者が満足のいくレイアウトになるようにオブジェクト図を修正する。比較実験 2 ではテキスト形式のオブジェクト図を見ながら一から描くといった作業をしてもらう。その間レイアウト機能は自由に使ってもらった。両実験とも操作時間、ノードを移動した回数、ノードを移動した距離の 3 項目についてデータを収集した。その結果の 7 人の平均を表 1 に示す。

比較実験 1								
移動距離 (cm)			操作時間 (秒)			移動回数 (回)		
	酒倉庫	OSCAR		酒倉庫	OSCAR		酒倉庫	OSCAR
本手法	125.7	307.34	本手法	26.2	46.3	本手法	10.6	17.8
中島	130.32	400.16	中島	30.8	64.22	中島	13.5	20
Rose	219.08	767.58	Rose	40	89.6	Rose	15.8	29.2
比較実験 2								
移動距離 (cm)			操作時間 (秒)			移動回数 (回)		
	酒倉庫	OSCAR		酒倉庫	OSCAR		酒倉庫	OSCAR
本手法	1338.42	2430.78	本手法	373.4	781.2	本手法	8.6	13.4
中島	1322.68	2833.4	中島	444	877.4	中島	9.2	22.6

表 1 評価実験結果 (平均値)

比較実験 1 では Rational Rose にくらべ収集したデータすべてに対して約 1.5 倍から 2 倍の良い結果

が得られた。中島の手法に対しては酒倉庫問題についてはほぼ同等の結果が出た。これは酒倉庫問題のオブジェクト図が関連関係のみからなっているためであると思われる。OSCAR については操作時間がきわだって中島の手法よりも良かった。これはユーザの思考時間が我々の手法の場合の方が短かったためであると思われる。比較実験 2 では酒倉庫問題については比較実験 1 とほぼ同等の結果が出た。OSCAR についてはどの項目でも中島より良い結果が出たが、ノードの移動回数がきわだって少かった。これは中島のアルゴリズムに比べてより多くのノードがユーザの期待する位置に配置されていたためと思われる。

7 結論

本研究では、OMT におけるオブジェクト図のレイアウト手法として新たにマグネティックスプリングモデルを採用した。本手法では各関係エッジの特徴からその方向を定め、エッジの方向によってクラス間の関係が容易に把握できるようなレイアウトを行った。

我々のレイアウト手法と中島のレイアウト手法、商用の CASE ツールである Rational Rose のレイアウト機能を比較実験した結果、既存のレイアウト手法よりも有効であることを確認した。

参考文献

- [1] James Rumbaugh et al (羽生田栄一 監訳): オブジェクト指向方法論 OMT ~ モデル化と設計 トッパン (1992)
- [2] 中島哲 田中二郎: グラフ描画アルゴリズムを用いた OMT 法に基づく設計図の自動生成 情報処理学会オブジェクト指向'96 シンポジウム論文集, pp.103-110 (1996)
- [3] Kozo Sugiyama, Kazuo Misue: *Graph Drawing by Magnetic Spring Model* Journal of Visual Languages and Computing, Vol.6, no.3, pp.217-231 (1995)
- [4] J.Q.Walker: *A node-positioning algorithm for general trees* Software Practice and Experience 20-7 pp.685-705 (1990)
- [5] P.Eades: *A Heuristics for Graph Drawing* Congressus Numerantium, Vol.42, pp.149-160 (1984)
- [6] Rational Rose: <http://www.rational.co.jp/products/rose/index.html>
- [7] 山崎利治: 共通問題によるプログラム設計技法解説 (その 2) 情報処理, Vol.25, no.11, pp.1219 (1984)