

QBE 表骨格生成のためのグラフ平面描画手法

○亀井俊彰* 能登谷淳一** 草苺良至** 笠井雅夫**

*秋田県立大学 システム科学技術研究科 **秋田県立大学 システム科学技術学部

1. はじめに QBE (Query By Example) は主にプログラミング初級者を対象としたリレーショナルデータベース問い合わせ言語であり, Microsoft Access などのインターフェイスとして広く利用されている. QBE を利用する多くのデータベースフロントエンドにおいて, QBE 問い合わせを記述, 発行するためには, まず「表骨格」と呼ばれる, 問い合わせ記述のための入力フォームを利用者が描画する必要がある. しかし, 表骨格の適切な描画にはリレーショナルデータベースのスキーマ構造に関する知識が必要であり, 初級者には容易ではないことが知られている[1]. 本研究では, リレーショナルデータベースのスキーマ構造を表すグラフの平面描画により QBE 表骨格を自動生成し, 初級者による QBE 問い合わせの記述を支援することを目的とする.

2. グラフによる QBE 表骨格のモデル化 QBE 表骨格[2]はリレーショナルデータベースに対する検索条件と表示項目を指定するためのフォームである. 個々の表骨格には, ある表(リレーション)の属性名一覧が表示され, 各属性名には, 検索条件とその属性の値を表示するか否かを示す記号を記述するための入力欄が付随する. また, 複数の表を組み合わせた問い合わせを記述するために, データベーススキーマ上の外部キー接続関係(属性間の参照関係)を表す線で複数の表骨格間が結ばれる(図1).

本研究では, 上記のような表骨格群の自動描画のために, データベース中の表の集合を節点集合 V とし, 外部キー接続関係の集合を辺集合 E とするグラフの平面描画を行う. 特に, 表骨格群を QBE 記述に利用する際のわかりやすさ, 入力の手易さを考慮し, 以下の条件下でのグラフの描画を考える.

(1) 各節点 $v \in V$ は, 固有の最低量の幅 W_v と高さ H_v を持つ. 節点はそれぞれ描画幅 $W(r(v)) \geq W_v$ と描画高さ $H(r(v)) \geq H_v$ を持つ矩形 $r(v)$ として描画する. 最低量の幅 W_v と高さ H_v は各節点に対応する表の属性数や, 属性名の長さに応じて決定する.

(2) 各辺 $(v_i, v_j) \in E$ は $r(v_i), r(v_j)$ の左右いずれか

の面(角は含まない)にのみ接続する軸平行折れ線として描画する. 折れ曲がり回数は高々2回とする.

(3) 節点の描画である矩形領域, 辺の描画である折れ線は整数格子上的にのみ配置する.

また, 問題の簡単化のため, グラフ $G = (V, E)$ は平面的グラフであるものとする.

3. 提案手法 本稿では, 吉田による平面的グラフの軸平行描画の手法[3]を拡張し, 上記制約下での平面的グラフの軸平行描画手法を提案する.

特に上記制約(2)に対応するため, 各節点 v に対し, 支配領域 $r'(v) \supseteq r(v)$ を考える. $r'(v)$ は $H(r'(v)) = H(r(v))$ であるような矩形領域であり, $r'(v) - r(v)$ の部分を $r(v)$ の縁と呼ぶ. 吉田の手法では, 辺の折れ曲がり回数は高々1回であるが, 辺は節点の上面にも接続する. 本研究では, 節点の縁の上面に接続した折れ線を, 縁の領域内で1回折り曲げる事により, 高々2回の折れ曲がり度で節点描画領域の左右面のみで辺が接続できるようにする(図2).

提案手法では, 吉田の手法と同様に, L_1 山形の描画を保ちながら頂点を逐次添加して行くことでグラフの平面描画を行う. L_1 山形とは軸平行多角形であり, 単調増加する部分と単調減少する部分を一つずつ持ち, 底辺が水平な直線分からなる(図3).

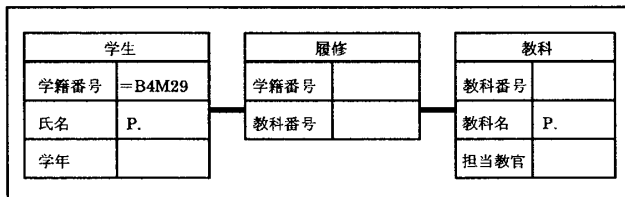


図1: 表骨格と外部キー接続関係

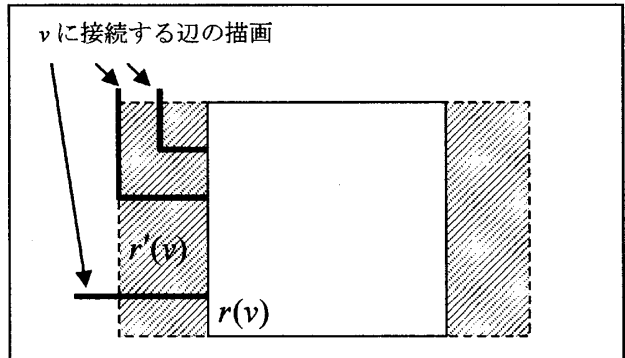


図2: 節点 v の描画領域 $r(v)$ と支配領域 $r'(v)$

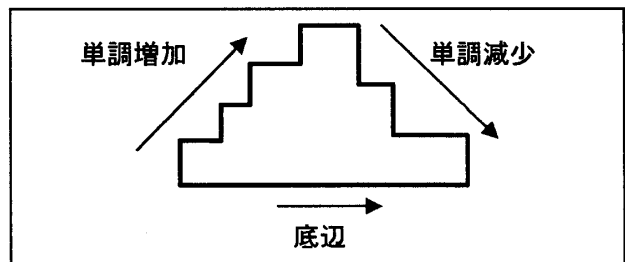


図3: L_1 山形図形

描画の手順は以下の通りである。まず、与えられた平面的グラフの三角化と正規順序付けを行う。これらは線形時間で実現可能である[4]。順序付けされた節点 v_k について、支配領域の幅 $W(r'(v_k)) = W_{v_k} + \tilde{\rho}(v_k) + 1$ と高さ $H(r'(v_k)) = \max\{H_{v_k}, \lceil \rho(v_k)/2 \rceil + 1\}$ を求める。ただし、 $\tilde{\rho}(v_k) = |\{v_i \mid k < i \wedge (v_i, v_k) \in E\}|$ は v_k の入次数、 $\rho(v_k)$ は v_k の次数である。

次に最初の3節点からなるグラフ G_3 の描画を求める。 $r'(v_1), r'(v_2), r'(v_3)$ をそれぞれ左下端点が $(0, 0), (W(r'(v_1)) + W(r'(v_3)) + 2, 0), (0, \max\{H(r'(v_1)), H(r'(v_2))\} + 1)$ となるよう配置し、辺 (v_1, v_2) は $r(v_1)$ の右面最下端と $r(v_2)$ の左面最下端を結ぶ線分、辺 (v_1, v_3) は $r(v_1)$ の右縁上面左端と $r(v_3)$ の左面最下端、辺 (v_2, v_3) は $r(v_2)$ の左縁上面右端と $r(v_3)$ の右面最下端をそれぞれ結ぶ折れ線により描画する。このようにして得られる描画を $D(G_3)$ とする。 $D(G_3)$ は明らかに L_1 山形である。

その後、 L_1 山形である $D(G_{k-1})$ に対し、正規順序付けに従って v_k を追加して L_1 山形である $D(G_k)$ を得るという操作を逐次繰り返し、最終的に三角化されたグラフの描画である $D(G_n)$ を得る。 $D(G_n)$ から三角化の際に追加された辺を削除することで、 G の描画を得る。

$D(G_{k-1})$ への v_k の追加処理の概要を図4に示す。 $D(G_{k-1})$ の外周上の点 w_1, \dots, w_m のうち、上面の y 座標値が最も大きい節点を w_c とする。また、 v_k の隣接節点を w_p, \dots, w_q とし、その中央の節点を w_c とする ($c = \lfloor (p+q)/2 \rfloor$)。 $r'(v_k)$ の左端の x 座標は $r'(w_c)$ の右端の真上に配置する。

$p \leq t \leq q$ の場合、 $r'(v_k)$ の下端 y 座標は $r'(w_t)$ の上端以上であれば良く、 $r(v_k)$ の左面から $r(w_p), \dots, r(w_c)$ の縁の上面へ、 $r(v_k)$ の右面から $r(w_{c+1}), \dots, r(w_q)$ の縁の上面へ折れ線を伸ばせばよい。このとき、 $r'(w_p)$ への辺の接続は右詰めで行い、 $r'(w_p)$ への辺の接続は左詰めで行い、本手法では、折れ線を $r(w_p), \dots, r(w_q)$ の上面に適切に接続するために、必要に応じて描画済みの図形 $D(G_{k-1})$ の一部を x 軸方向に引き伸ばすことにより、 L_1 山形を維持しつつ $D(G_{k-1})$ を変

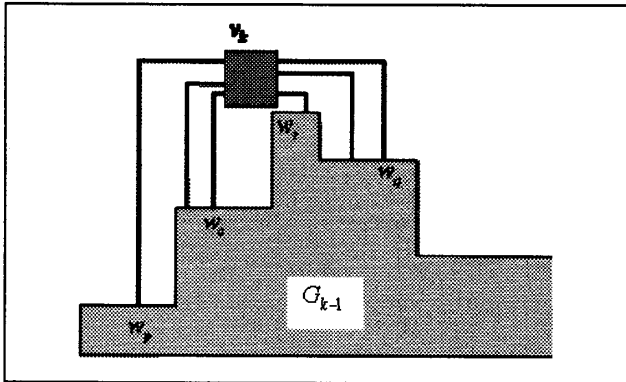


図4: L_1 山形図形 $D(G_{k-1})$ への頂点 v_k の追加

形する。この操作を「軸平行シフト操作」[3]と呼ぶ。

$t < p$ の場合、 $r'(v_k)$ の下端 y 座標は $r'(w_{p+1})$ の上端以上であれば良く、 $r(v_k)$ の左面から $r(w_{p+1}), \dots, r(w_c)$ の縁の上面へ、 $r(v_k)$ の右面から $r(w_{c+1}), \dots, r(w_q)$ の縁の上面へ折れ線を伸ばす。このとき、 $r'(w_p)$ への辺の接続は左詰めで行い、また $r(w_p)$ の右面から $r(v_k)$ の左縁の上面へも折れ線を伸ばすことで、 L_1 山形を保つ。 $q < t$ の場合も同様の処理により L_1 山形を得る。これらの場合には、 x 軸方向への軸平行シフト操作に加え、 y 軸方向への軸平行シフト操作が発生する。

4. まとめ 本研究では、平面的グラフの軸平行平面格子直線描画を求めるアルゴリズムである軸平行シフト法を拡張し、QBE 表骨格生成のための平面的グラフの軸平行平面格子直線描画手法を設計した。応用上の要請を参考に追加したいくつかの制約下で、従来の軸平行シフト法と同様に描画の外周を L_1 山形に保つ条件をループ不変条件とする頂点の逐次追加手順を得た。

今後の課題としては、提案した軸平行描画手法の計算量や生成される描画図形全体のサイズ(幅、高さ)に対する解析的、実験的評価があげられる。また、より小さな領域に、コンパクトな描画を得るようなアルゴリズムの設計も課題である。さらに、今回は問題の単純化のため、データベーススキーマから得られるグラフが平面的であることを仮定したが、実際の応用においては、外部キー接続関係は平面的ではないグラフとして得られることが考えられるため、対処が必要である。

将来的な目標としては、本研究で開発した描画アルゴリズムを利用した、QBE 入力支援ツールの開発があげられる。一般に実用的なデータベース中の外部キー接続関係は膨大であるため、入力支援ツールの作成のためには、描画手法の設計だけでなく、利用者にとって有用である外部キー接続関係の取捨選択に関わる手法の開発等も重要と考えられる。

参考文献

[1] S. Polyviou et al., "A Relationally Complete Visual Query Language for Heterogeneous Data Sources and Pervasive Querying", 21st Int. Conf. on Data Eng., pp. 471 - 482, 2005.
 [2] J.D.Ullman 著, 国井利泰, 大保信夫 訳, "データベース・システムの原理", 日本コンピュータ協会, 1985.
 [3] 吉田大起, "平面的グラフの軸平行描画アルゴリズム", 秋田県立大学卒業論文, 2005.
 [4] 中野眞一, "平面グラフの平面描画アルゴリズム", 離散構造とアルゴリズム, vol. 7, 近代科学社, pp. 171-199, 2000.