

図形の選択に有効な述語 -タータン地紋データベースにおける事例研究-

石原 亘
京都芸術短期大学

概要

情報システムに対する検索には、不特定の対象の集合を目的とする検索のほかに、特定の唯一の対象を目的として行なわれる検索がある。こうした一意検索を、名称や通番のような外的な属性でなく対象から直接観察される属性によって効果的に行なえるようにするには、情報の内容から各種の属性を導出できる機構が備わっていないとてはならない。

本稿では、タータン地紋デザイン/管理支援システムETCにおけるこのような検索機能の実現について報告する。そのポイントは、デザイン情報に変換を施し、必要な属性が強調された情報を導出することにある。

キーワード グラフィックス グラフィカルユーザインタフェース パタンマッピング 図形情報システム 一意検索 候補キー フィルタ グラフィックデザイン 地紋 タータン

Implementation of the Selection through a Set of Predicates to Retrieve the Right Object from the Picture Database -A Case on a Database System for the Tartan Patterns-

Isihara Wataru
Kyoto College of Art

Abstract-

It is often important to retrieve just one proper record from the database as well as to retrieve a set of records with the properties specified. It is much difficult to retrieve only one record, and much more in the case of lacking of the identification informations of the object.

In this paper, an implementation of such retrieval functions with an information system for designing and managing tartan patterns is reported. The idea is based on the filters that extract the attributes from the informaion stored in the database.

Key Words- graphics, graphical user interfaces, texture mapping, image information systems, just-one-record retrieval, candidate keys, filters, graphic design, textures, tartan.

0 地紋

0.0 地紋

マーブリング・木目・水玉など、平面のある領域を被覆するために用いられる紋様のデザインには、いろいろな種類がある(図00)。これらのような平面の領域を被覆するために用いるデザインのことを、地紋と呼ぶことがある。

地紋は、造形芸術において、テキスタイルデザインやグラフィックデザインの要素として重要な役割りを果たしてきた。それだけでなく近年では、写真的写実(Photo-Realistic)画像に質感を与えるマッピングの素材として(00,01)、あるいはグラフィカルユーザインタフェース(Graphics User Interface, GUI)の要素として(02,03)、情報システムの活用や構築にとっても重要な要素として注目されるようになってきている。

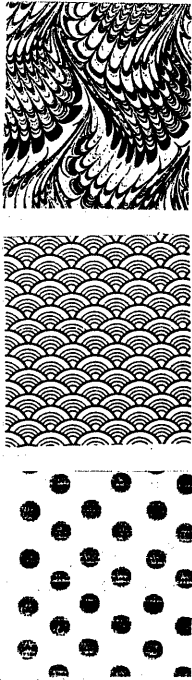


図00 いろいろな地紋

(上からマーブリング・木目・水玉)

0.1 タータン

地紋の中には、共通の特徴をもったデザインの族がいくつか認められる。タータン(Tartan)はその一つである。タータンの原形は、スコットランドのハイランド地方で用いられていた織りの柄である。その中にはのちにこの地方の各氏族の象徴として用いられるようになったものもあり、それらは特にクランタータン(Clan tartan)と呼ばれている。(04)には133種のクランタータンが収録されている。

タータンの厳密な定義は特に定められているわけではないが、一般には、クランタータンと共通の特徴を持つデザインがタータンであると認められていると思われる。この意味で、クランタータンはタータンのデザインの規範になっている。

クランタータンのデザインは、それが上下方向と左右方向のストライプ(Stripe)の列との交差によって構成されている。さらに、それぞれの方向のストライプは周期的に反復している(図01)。この二つの特徴はすべてのクランタータンに共通であり、タータンはこの特徴によって定義されると考えていい。

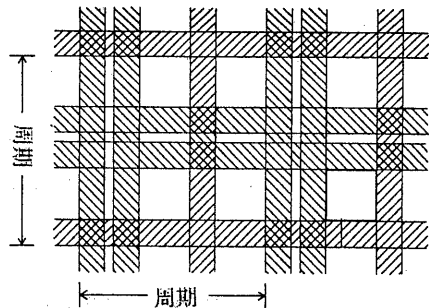


図01 ストライプとタータン

以上のほかに、クランタータンには、(ごくわずかに例外が認められるものの)ほぼすべてのデザインについて共通な性質がいくつか認められる。

まず、上下方向のストライプと横方向のストライプとは、共通の配列が用いられることが多い。

また、ほとんどの場合、ストライプの配列は自己対称である。すなわち、前半の配列が中央で反転して後半の配列を構成している(図02)。また、ストライプの配列が例外的に対称でない場合でも、複数の対称配列を接続(Concatenation)した配列が用いられている。

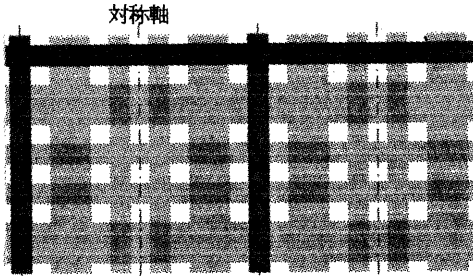


図02 ストライプの対称性

配列の対象成分の中に、さらに短い対称配列が部分配列として認められることがある。中でも、同じ色で同じ幅の2本のストライプが別の支配的な地の上に乗っているかのように並ぶパターンはしばしば登場する(図03a)。このパターンを本稿ではツイン(Twin)と呼ぶ。ツインは別の色のストライプを挟んで現れることもある(図03b)。

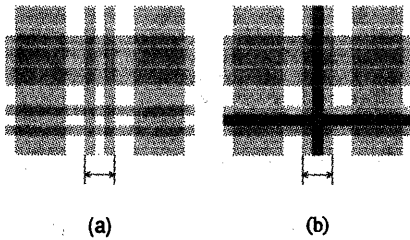


図03 ツイン

それぞれのストライプの交差によってできた、同じ色・柄に見える連続した長方形の領域を(一般的な呼称ではないが)本稿ではクロッシング(Crossing)と呼ぶ。タータンは、両方向のストライプ群の周期性のために、一揃いのクロッシングからなる長方形領域の単位が、一定の周期で縦横に配列してできているように見える(図04)。この単位はセット(Sett)と呼ばれている。多くの場合、セットは左右/上

下および対角方向に対称である。これは、すでに指摘したようにストライプの配列が左右・上下で共通であることと自己対称であることに由来する。

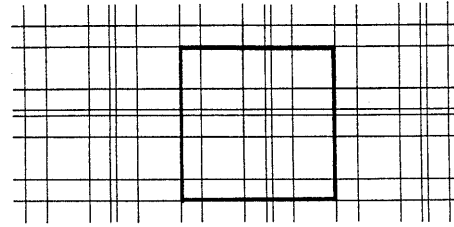


図04 セット

織り方としては、クランタータンのほとんどは2:1で綾織り(図05a)されている。このため、異なった色のストライプが交差するクロッシングにはハッチングに似た細い斜線が現れるように見える。平織り(図05b)もごくまれに用いられる。

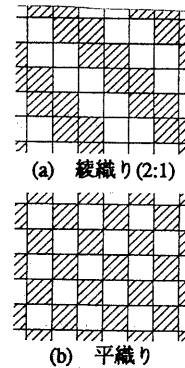


図05

1. ETCとクランタータンデータベース

筆者らは、画像生成やGUIの設計を行なうため、その素材となるタータンのデザインの作成・管理を支援するシステムETC(Electronic Tartan Catalogue)を開発した(05)。このような、地紋のデザインを支援するための情報システムは特に目新しくはないが(06,07,08)、ETCの実現における特徴は、地紋を画像としてではなくそれと等価なデザイ

ン記述情報によって管理していることにある。すなわち、ETCはGroskyとMehrotra(12)が画像データベースに関連して抽出情報(Information extracted from images)と呼んだものを取り扱う。このことによって、(システムの対象はタータンに限定されることになったが)情報の検索や再利用をより自由に行なえる可能性が広がった。

ETCは以下の機能を備えている(1993-04-01版)。

- 左右/上下ストライプ情報および織り情報からなるタータンデザイン情報を数値の表として作成/管理する。
- タータンデザイン情報の中から特定の条件を満たすものを検索する。
- タータンデザイン情報に基づいて実際の地紋画像情報を生成する。
- 地紋画像情報をディスプレイにカラー表示したり、ビデオに録画したり、カラー印刷したりする。
- 地紋画像情報を各種の画像表現形式に変換する。

検索機能はawkスクリプト(09,10)で条件判定関数を書くことによって利用する。ETCは判定関数をデータベースに含まれる各デザインの情報に適用し、真値を返したデザインをリストに集める。複数のリストから集合演算によって新しいリストを導出することもできる。図06にスクリプトの例を示す。ここで、判定関数はストライプや織り情報に対するものだけでなく、クロッシングを対象とするものであってもかまわない。クロッシング情報は、物理的にはデータベースに含まれていな

```
BEGIN{
  N=0
}
1{
  if (($2==0) && ($3==0) && ($4==0)) {
    N++
  }
}
END{
  print N
}
```

図06 awkスクリプト

いが、実効上(Virtually)参照することが可能になっている。この機能は、ETCが必要に応じて(Lazily)クロッシング情報を導出することによって実現している。ETCが扱うストライプ/クロッシング情報の形式を図07に示す。

筆者らはさらに、ETC上に、文献04に収録されている133種のクランタータンを全て収納するデータベースを構築した。

ETCはNECのPC98シリーズ(VM以降型のノーマル/ハイレゾ機)のMS-DOS上で稼働させることができる。ビデオ録画にはニスカ社製のフレームバッファ[GG]を、また印刷にはシャープ社製のインクジェットプリンタである[IO-7xx]シリーズを使う。

2 ETCデータベースにおける一意検索問題

2.0 不特定の検索と特定対象の検索

情報システムに対して行なわれる検索には以下の二つのタイプがある。

8	0	0.8	1
2	0	0	0
2	0	0.8	1
2	0	0	0
		赤成分	緑成分
幅/丈	色		

ストライプ情報

8	8	0	0.8	1
2	2	0	0	0
2	2	0	0.4	0.5
2	2	0	0	0
		赤成分	緑成分	青成分
幅	丈	色		

クロッシング情報

図07

ア) 集合検索

漢和辞典に例えると、作文に使う綴りを探すために「さがす」と読める綴りには何があるか調べるのに似ている。この場合、結果として「探す」・「捜す」などの綴りが検索されるが、ユーザにとってはこれらは全て実際に使う綴りの候補として必要な結果である。また、場合によっては1件も当らない場合があるかもしれないが、その結果もまた有益である(適切な漢字綴りが定まっていないうのが分るという点で)。

情報システムに格納されている情報を閲覧するために行なわれる検索の大部分はこのタイプの検索である。このような検索を本稿では集合検索と呼ぶ。

イ) 一意検索

「探す」という漢字に対して、そのJISコードを調べるような場合である。この場合は、唯一この綴りだけを検索することが目的であって、「捜す」などの意図しない綴りは期待されていない。1回の検索で結果が一意に絞り込めなければ、ほかの検索の結果と集合演算して最後には唯一の正しい綴りを得なければならない。

このような検索を一意検索と呼ぶ。一意検索は、例のように一般の閲覧の特殊な形態として行なわれることも多いが、むしろデータベースのメンテナンスにおいてこのタイプの検索が必要になるという点で重要である。

2.1 ETCにおける検索

従来版のETCの検索機能は、主として集合検索のために設計されていた。したがって、検索の結果は一般には複数であり、その中にはユーザの意図に合わない誤った候補が含まれる(検定で言う第2種の誤り)可能性もある。しかし、新しいタータンをデザインするための素材を探す用途にとってはこれでも十分であった。検索された複数の対象は、新しい地紋をデザインするための参考として、すべて意味があるからである。また、検索結果をいったん画像でブラウジング

(Browsing)して、その中から最適なものを選びさらに効果的に利用できる。

しかし、クランタータンデータベースやユーザデータベースが充実するにしたがって、主としてメンテナンスを目的とする一意検索の必要が高まってきた。すなわち、特定のタータンの画像を目の前に観察しながら、その属性を述べることによって、(もし登録されているなら)データベースの中からデザインを特定するという使い方である。しかし、四則演算・算術関数・通常の統計処理の範囲では目的とする特定のタータンを絞り込むことができない。そこで、ETCの検索機能をさらに整備することが必要になった。

2.2 一意検索機能の設計の原則

一意検索機能は以下の原則にしたがって適切に設計されていなければならない。

○十分であること

少なくとも、クランタータンの中から特定のタータンを検索できる程度に充実していなければならない。

関係型(Relational)データベースの設計では、このような一意検索の問題に関連して候補キー族(Candidate Keys)の設計の問題が知られている(11)。データベースは、名称や番号のように、すべての対象を値の違いによって区別できる属性(Attribute)を格納していなければならない。特に、単独の属性では区別できないが、(たとえば製造者名と製品番号とで製品が区別できるように)いくつかの属性の値を組み合せれば区別が可能になるような属性の組が候補キーである。

○最小であること

冗長な機能はシステムを傍聴させるだけでなく、検索戦略を立てるのを難しくするだけであるから、無用な重複は節約するべきである。

○自然であること

日常的な表現を不自然に言い替えなければならないとすると効果は減退する。

○簡潔であること

同じタイプの述語はパラメタを差し替えたり、集合演算に還元したりして活用できるようにした方が、用途が広がるので望ましい。ただし、パラメタが増えたり簡単な作業を複数の手順に分解したりしなければならなくなるとは自然の原則に反するので、トレードオフを考慮しなくてはならない。

2.3 一意検索に必要な自然な属性の範囲の調査 — Armstrong の検索

以下の節では、2.1 に掲げた原則にのっとり ETC が備えるべき一意検索機能を明らかにしていく。まず、一意検索に必要な自然な属性の範囲を明らかにする必要がある。そのために、思考実験で一意検索を行ない、ユーザが近接候補を排除するためにどのような述語を用いるであろうか推定した。結論はケースに依存しなかったため、ここでは一例として Armstrong 家のタータンの検索を試みた結果を紹介する。

Armstrong タータンを図08に示す。図で等しく灰色に見えるのは、幅が広いストライプが緑系、幅が狭いストライプが赤(Red)系の色である。

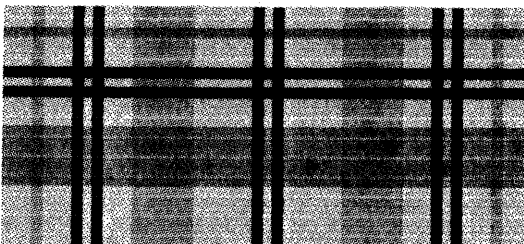


図08 Armstrong家のタータン

このデザインについてまず指摘できる特徴は、全体が緑色をしている点である。そこで、選択に用いる条件として、

条件00) 全体が……色である

が有効であることが分る。([……]は述語の変

数を表す)。なお、色が等しいことの判定は、多くの場合、厳密にはなくあいまいに行なわれるよう期待されることに注意する必要がある。

さて、クランタータンには、全体が緑色をしているデザインが Armstrong を含めて10種類以上含まれている。そこで次に、細くて赤いストライプを持つことを条件にしてさらに絞り込む。これを一般化して、

条件01) ……より細いストライプを持つ

条件02) ……より太いストライプを持つ

条件03) ……色のストライプを持つ

およびこれらの連立形である

条件04) ……より細くて……色のストライプを持つ

条件05) ……より太くて……色のストライプを持つ

を基本的述語に加える。02)は01)と対になる条件として掲げた。

なお、01-03)のタイプの組み合わせだけでは十分ではない。なぜなら、MacCollなどの赤がやや劣勢な2色相デザインを排除できないからである。

次に、Campbell of Cawdorというタータンを誤った候補として排除する。このデザインは、細いシアン(Cyan)のストライプを持つという点で Armstrong と異なっている。Colquhoun, MacIntyre, MacLean (ハンティング) や、MacEwen, MacLaren, MacMillan (ハンティング)、Stewart (ハンティング) はそれぞれ黄色や白の細いストライプを持つという点で同様の異なる特徴のある誤った候補である。これらの各々の色に対して、04)タイプの選択をして集合差をとらせるという解決は効果的ではない。ほかの標準的な色は数多く存在するので、それらを個別に全て求めるのは操作するユーザにとってもシステムにとっても大きな負荷になるからである。むしろ、

条件06) ……より細いが……色でないストライプ

イブを持つ

条件07) ……より太いが……色でないストライブを持つ

によって一斉に選択を行ない、その結果との差を求めた方がいい。

次に、DavidsonやMenziez (ハンティング) を排除する。それには、細くて黒いツイinstライブを持つという条件でさらに選択をかけるのが有効である。しかし、これではまだ、Urquhartが当ててしまう。実際、UrquhartはArmstrongに非常に似ている。異なる点は、前者はツイinstライブを1対、後者は2対持つという点である。そこで、

条件08) ……より細くて……色であるツイinstライブを持つ

条件09) ……より細くて……色であるツイinstライブを……対だけ持つ

条件10) ……より太くて……色であるツイinstライブを持つ

条件11) ……より太くて……色であるツイinstライブを……対だけ持つ

というタイプの述語がそれぞれ必要になることが分る。

少なくとも、以上の12種類の述語に対して選択が可能になれば、その結果に対し相互に集合演算を施すことによって、クランタータン全体からArmstrongだけを唯一の候補として絞り込む検索が可能になる。

2.4 属性強調フィルタと導対象

続いて、一意検索に必要なとした判定を行なう機能をデザイン情報システムに付与する一手法を提案する。

すでに述べたように、ETCはそれぞれのタータンを数値の表の組として管理する。このように、数値(Numerical)でもテキスト(Textual)でもなく、複雑な構造を持った情報を管理する情報システムはすでに広く使用されているが、その検索機能については数値・テキスト情報を対象とする場合とは異なった困難が生じることが指摘されている。特に問

題なのは、数値やテキストと違って複雑な構造を持つ(Structured)情報では、検索のためにその内容を記述する適切な方法が明確でない、あるいは多様過ぎることである(12,13,14,15,16,17,18)。

幸いに、ETCの扱う情報は構造を持つとは言っても2枚の数値の表の組に過ぎないので、次のような単純な方法が適用できる。ストライブ/クロシングの表の上の写像をいくつかフィルタで実現する。各写像は、もとのストライブ/クロシングのさまざまな属性の有無に応じて新しいストライブ/クロシングを生成する機能を持つ。このようにすれば、属性の有無の判定は、導出されたストライブ/クロシングに対する通常の計数に帰着することができる。実際、以下に示す10種類強の属性強調フィルタがあれば十分である。

○平均

左右/上下ストライブのリストやクロシングのリストに対して、セットの各クロシングの色の平均を求めて、全ストライブ/クロシングと同じ幅/面積のストライブ/クロシングを返す。つまり、色に関して平均的に全体と等価な単一のストライブ/クロシングを求める(図09)。色を平均する際に、ストライブ/クロシングの幅/面積で重みづける。

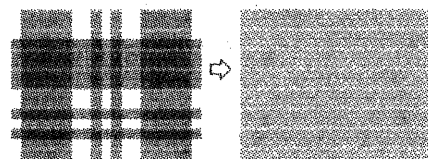


図09 平均

このように、ほとんどのフィルタはストライブ/クロシング情報の双方に対して提供される。したがって、以下ではこの二つをいちいち列記しない。

○[……]の色と色の絶対差

色空間において、パラメタ[……]で指定し

た色と対象の色との差を色として持つ対象を返す。色空間については多くのモデルが考えられていて(文献19)、どれを採用するかによって差の与え方も異なるが、ETCではRGB色立方体を色空間として採用した上で、RGB成分ごとに絶対値化を施した結果を差として定義する。この定義によって、2色の差は再び色立方体に収まる(図10)。

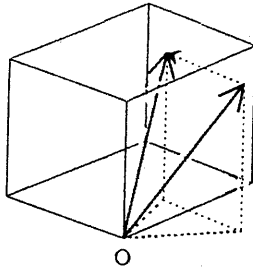


図10 色の差

(全成分が正になる象限に鏡像を作る)

この距離によれば、たとえば赤から最も遠い色は補色のシアンである。共通のRGB色成分を持つ緑・青・白はそれに比べてやや近く、黄・シアンはさらに近い。

この関数を本来の対象情報に適用すれば、各対象に対して色の差が得られ、[平均]の結果に適用すれば平均した全体の色との差が得られる。

以下、[...]はパラメタを表す。

○[...]より幅が狭いストライプ

○[...]より面積が小さいクロッシング

これらは指定した数量以下の大きさ/色の差の対象のリストを返す。

○[...]より色が黒に近いストライプ/クロッシング

これは上の2関数と同様に、実際に色が黒に近いかが判定するのも使えるが、むしろ、色の差を求めた結果に適用することによって、間接的には指定の色に近い色のストライプ/クロッシングを選択するのに役立つ。

○[...]より幅が広いストライプ

○[...]より面積が大きいクロッシング

○[...]より色が黒から遠いストライプ/ク

ロッシング

上と逆に、指定した数量以上の大きさ/色の差の対象のリストを返す。

以上の二つの関数の結果に対して[色の差]を用いれば、たとえば幅に関係なくある色のストライプを持つかどうか判定できる。また、数量で色の近さについての許容の幅を指定することができる。また、指定した色以外の色の対象の有無が判定できる。

○ツインの統合

ツインがあれば統合して、2本の同じ色のストライプとそれらが挟むストライプとを合わせた幅を持ち、もとのストライプと同じ色のストライプを生成する(図11)。

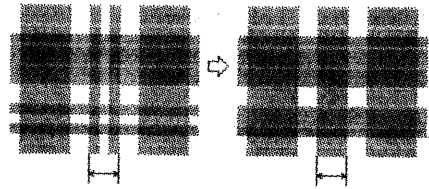


図11 ツインの統合

○重複の除去

同じ幅で同じ色の対象があれば余計な分を除いて返す。unixのuniqに似ているが、直接並んでいなくても重複を検出する。

○重複の抽出

同じ幅で同じ色の対象があれば余計な分だけを返す。上の[重複の除去]の補集合が返る。

以上の11種のフィルタを、ETCでは属性強調基本フィルタと呼ぶ。属性強調フィルタによって導出されるタータンは、デザインの素材としては必ずしも有益ではないが、もとの対象が有するさまざまな属性の有無が強く反映している。したがって、これに対してレコードの計数などの単純な調査を行うことによってもとの対象における属性の有無が判定できる。このような性格から、属性強調フィ

ルタによって求められた対象を微分における導関数になぞらえて導対象と呼ぶ。

2.5 使用例

2.3 に登場した選択が、実際に属性強調基本フィルタによる変換と集合演算および行の計数の合成によって実現できることを示す。

○全体が緑である。

もとのクロシング

- (平均)-->
- ([緑] との色の差)-->
- ([1/20] より色が黒に近いもの)-->

以上の結果が非空であればいい。ここで、いったん色の差を求めてから、その差が誤差1/20の範囲で黒に近いかが調べていることに注意されたい。これによって、色の一致をあいまいに判定する機能が実現されている。誤差を0に指定すれば厳密な一致も判定できる。

○細くて赤いストライプを持つ

もとのストライプ

- ([1/20] より幅が狭いもの)-->
- ([赤] との色の差)-->
- ([1/20] より色が黒に近いもの)-->

以上の結果が非空であればいい。細いシアンのストライプを持つなどの、ほかの色に関する選択も同様である。

○細いが赤くないストライプを持つ

もとのストライプ

- ([1/20] より幅が狭いもの)-->
- ([赤] との色の差)-->
- ([1/20] より色が黒から遠いもの)-->

以上の結果が非空であればいい。

○細くて黒いツインストライプを2対持つ

もとのストライプ

- (ツインの統合)-->
- ([1/20・3] より幅が狭いもの)-->
- ([1/20] より色が黒に近いもの)-->

以上の結果に属する対象が2個であればいい。また、単に非空であるか調べれば単純な有無の判定ができる。

2.6 一般化

属性強調基本フィルタのアイデアは、一般の情報システムにおける内容による一意検索機能の実現にも拡張できる。対象の全体を各属性1元に類別する属性の組を求め、その各属性に関するもとの対象から属性値を強く反映する対象を導出する機構を構成すればいい。すなわち、一意検索は、

- 対象の世界における候補キー属性の設計
- 属性強調対象を導出する機構の実現

の二つのステップによって設計・実現できる。

3 結言

CGの制作やGUIの開発に効果的に活用できるタータン情報システムを開発したが、その検索機能は一意検索には十分ではなかった。その原因は、選択のためのデータベースに対する判定のタイプが限られていることにあった。そこで、もとの対象の候補キー属性が直接調査できる導対象を生成する機能を属性強調基本フィルタとして整備した。

この拡張の結果、データベースにデザイン規範として含まれるクランタータンのデザインが、画像の内容だけによって（名称などの外的キーによらずに）一意に選択できるようになった。また、一般の集合検索においても、特定化基本フィルタはより高度な選択を可能にした。

今後は、ユーザインタフェースの視覚化に

よって、このような選択を、スクリプトを書かなくても効果的に行なえるようにE T Cのさらなる改善を進めたい。

商標その他

本文に現れる情報システムの名称は

A T & T
N E C
ニスカ
マイクロソフト
(A B C あいうえお順)

の商標あるいは製品に関連して使用される固有名である。

参考文献

00) Blinn, James F., and Newell, Martin E., "Texture and Reflection in ComputerGenerated Images," *Comm. ACM*, Vol. 19, pp. 542-547, 1976.

01) Blinn, James F., "Simulation of Wrinkled Surfaces," *Comput. Graph.*, Vol.12, pp. 286-292, (1978).

02) Apple Computer Inc., "Apple Human Interface Guidelines: The Apple Desk-top Interface" (Apple ComputerInc.), (1987). 日本語版: イントランス (訳)、(トッパン、1989).

03) 萩谷昌己: グラフィカルなユーザインタフェースとその開発環境について、*bit*、Vol. 21、No. 6、(1989).

04) Bain, Robert, and MacDougall, Margaret O. (Enlarged and re-edited by), "The Clans and Tartans of Scotland" (William Collins Sons & Co. Ltd.), (1938). 日本語版: 鈴木治己(訳)、(チェック商会、1968).

05) 石原亘、石原恭子: ハイランド地方におけるクランタータンのデータベース化、*京都芸術短期大学紀要-うりゅう*、No. 15、(1993).

06) 幸村真佐男、小島孝啓: 型友禅とコンピュータ・グラフィックス、*グラフィックスとCAD*、No. 47、(1990).

07) 野中明: 紋様織物におけるコンピュータ・グラフィックス、*グラフィックスとCAD*、No. 47、(1990).

08) 大野亮: 糸の色と繰り返し数を指定、織物パターンを描く、*日経CG*、No. 00、(1989年5月).

09) Aho, A. V., Kernighan, B. W., and Weinberger, P.

J., "AWK - A PatternScanning and Processing Language," *Software Practice and Experience*, (1979, April).

10) Aho, A. V., Kernighan, B. W., and Weinberger, P. J., "The AWK ProgrammingLanguage" (AT&T Bell Laboratories), (1988). 日本語版: 足立高穂(訳)、*プログラミング言語AWK* (トッパン、1989).

11) Codd, E. F., "A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks," *Comm. ACM*, Vol. 13, No. 6, (1970).

12) Grosky, William I., and Mehrotra, Rajiv, "Image Database Management," *Computer*, Vol. 22, No. 12, (Dec., 1989).

13) Chang, S. K., and Kunii, T., "Pictorial Database Systems," *Computer*, Vol. 14, No. 11, pp. 13-21, (Nov. 1981)

14) Joseph, T., and Cardenas, A., "PICQUERY: A High Level Query Language for Pictorial Database Management," *IEEE Trans. Software Eng.*, Vol. 14, No. 5, pp. 630-638, (May, 1988).

15) Roussopoulos, N., Faloutsos, C., and Sellis, T., "An Efficient Pictorial Database System for PSQL," *IEEE Trans. Software Eng.*, Vol. 14, No. 5, pp. 639-650, (May, 1988).

16) Tanaka, M., and Ichikawa, T., "A Visual User Interface for Map Information Retrieval Based on Semantic Significance," *IEEE Trans. Software Eng.*, Vol. 14, No. 5, pp. 666-670, (May, 1988).

17) Chang, S. K., Yan, C. W., Dimitroff, D. C., and Arndt, T., "An Intelligent Image Database System," *IEEE Trans. Software Eng.*, Vol. 14, No. 5, pp. 681-688, (May, 1988).

18) 黒川雅人、洪政国: 形状情報を用いた画像の類似検索システム、*情報処理学会論文誌*、Vol.32、No.6 (1989年6月).

19) Schwarz, M. W., Cowan, W. B., and Beatty, J. C., "An Experimental Comparison of RGB, YIQ, LAB, HSV, and Opponent Color Models," *ACM Trans. Graph.*, Vol. 6, No. 2, pp. 123-158, (April 1987).