

E-コマースのための多次元空間におけるデータモデル

徐 海燕[†] 史 一華^{††} 高橋 武史[†]

[†] 福岡工業大学情報工学部 〒 811-0295 福岡市東区和白東 3-30-1

^{††} 西南学院大学商学部 〒 814-8511 福岡市早良区西新 6-2-92

E-mail: [†]{xu,mam02006}@cs.fit.ac.jp, ^{††}shi@seinan-gu.ac.jp

あらまし E-コマースにおいて高度な利用者インタフェースを提供するためには、利用目的や性能などの概念による検索機能が必要となる。本論文では、商品を構成する複数の部品の異なる属性を多次元空間上のデータと見なすことによって利用者の概念をその多次元空間上の条件式に変換し、同じ次元や異なる次元の属性に対する検索要求を総合的に扱えるデータモデルを提案し、ベクトル空間に基づく基本操作を定義する。また、レーダーチャートで性能次元に関する情報を表し、価格を回転軸として表すことを通して、モデルの視覚化を計る。さらに、提案しているモデルに基づいて開発中のプロットタイプシステムについても報告する。

キーワード E-コマース、データモデル、目的・機能・性能概念、多次元空間、比較演算子、速度、加速度、レーダーチャート、ベクトル空間

A Data Model in the Multiple Dimension Space for E-commerce

Haiyan XU[†], Yihua SHI^{††}, and Takeshi TAKAHASHI[†]

[†] Dept. Computer Science and Engineering, Wajirohigashi 3-30-1, Higashi-ku, Fukuoka, 811-0295 Japan

^{††} Faculty of Commerce, Seinan Gakuin University, Nishijin 6-2-92, Sawara-ku, Fukuoka, 814-8511 Japan

E-mail: [†]{xu,mam02006}@cs.fit.ac.jp, ^{††}shi@seinan-gu.ac.jp

Abstract In order to construct high level E-commerce user interfaces, it is necessary to provide the search functions with the concepts about the use propose or the performance. In this paper, we propose a data model which deals with the attributes of the parts of a product in a multiple dimension space and uses techniques from the vector space. By treating the price axis as the spin and the radarcharts representing the performance of the products as the cross-sections on the spin, we also give the visualization of the model.

Key words E-commerce, searching model, concept, multiple dimensions, comparison operator, velocity, acceleration, radar-chart, vector space

1. はじめに

一般家庭の常時高速接続の爆発的な普及によって、より多くの一般利用者が、E-コマースに参加するようになってきている。しかし、複数の部品を選択し、一つの商品を構成するような複雑な取引においては、利用者に高度な知識が要求される。例えば、パソコン注文の場合では、個々の部品間の関連性や一台のコンピュータとしての組合せの適切さなどの判断は、非常に複雑で多くの背景知識が必要となる。このように利用者に製品の性能を理解するための知識を要求すれば、使用できる利用者が大きく制限されてしまうことになる[3]。

より高度な利用者インタフェースを提供するためには、

利用者が記述しやすい利用目的・機能・性能等の概念レベルの要求をベースにした対話機能が不可欠である。このため、われわれは部品の組合せによるパソコンの購入という場合に対して、実際にどのような概念による検索機能を提供しなければならないかについて検討を行っている[5]。具体的には、利用者の使いやすい意味的な検索機能を実現する場合は、利用者の思考モデルからシステムのデータや実際の部品の構成へ写像するのに、概念変換、機能変換、性能変換という三つのフェーズで作業を繰り返し行う必要があると指摘し、そのための実現方法を提案している[5]。

すなわち、曖昧性の持つ概念による要求から一連の概念変換を経て、利用者の要求を実現するための商品に関

する一連の性能指標が得られる。システムは部品のデータベースからこれらの性能指標を満たすような商品構成案を利用者に提案していく。

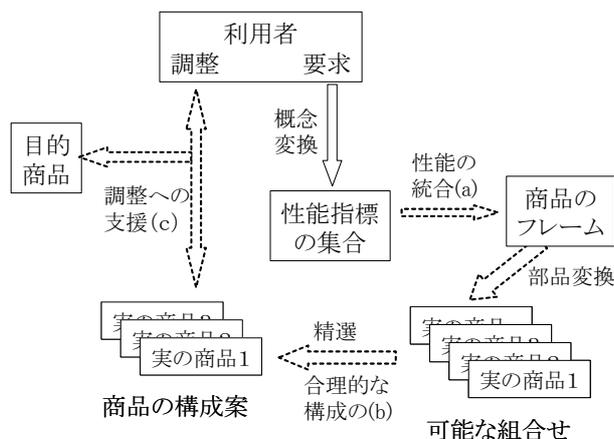


図1 概念による検索

高度な E-コマースシステムでは、このような複数の案をどのように利用者に説明し、さらに、利用者の選択作業をどのように支援していくかといった重要な問題を解決しなければならない。この問題は冗長性の持つ性能指標の集合から利用者の要求にマッチした合理的な商品構成案を如何に効率よく構成していくかという問題と見なすことができる。具体的に、E-コマースシステムでは、図1で示されているように、次のような処理機能を提供できなければならない。

(a) 性能指標の統合：概念変換で得られる性能指標には多くの冗長性が含まれている。例えば、利用者が複数の目的概念を選べば、得られる CPU に関する性能指標には、高速 CPU、低速 CPU が同時に要求されることがある。性能指標による部品の抽出を効率的に行うために、システムには同じ種類の部品の同一属性に関する複数の性能指標を統合し、冗長性を除去する機能が要求される。

(b) 合理性の担保：部品数の多い商品について、統合された性能指標から数十、数百のような構成案が考えられる。しかし、十分の専門知識を持たない利用者が、その数多くの構成案からベストとなるものを選ぶことは極めて困難であろう。このため、システムには数多くの候補から合理的と思われるものを精選する機能が必要となる。「合理」という言葉は商品を構成する各部品間の性能バランス、部品間の依存関係を満たすことを示唆している。論文[5]では、このような依存関係や構成に関する専門知識を制約としてシステム側で持っているとして仮定している。このため、システムはこれらの制約を利用して、異なる次元に分類されている部品の性能指標を総合的に処理する機能が必要となる。

(c) 情報の活用：(a)と(b)によって得られた複数の合理的な候補からベストとなるものを選ぶには、システ

ムに蓄積している様々な情報を活用できる支援機能が必要となる。如何に有効な支援機能を提供できるかが E-コマースシステムの成功の鍵を握っているとも言える。利用者はどのような支援が必要としているのか、また、システムはどのような支援を提供できるのかについては究明すべきであろう。例えば、商品価格の時間に対する変化状況、部品の性能価格比、現時点で最も買い得となる性能ランクなどがその典型的な例である。このため、システムにはこれらの変化の動向を定量・定性的に提供できる必要がある。

(d) 視覚的な表示：(a)~(c)の機能の処理結果がどのように利用者に視覚的に提供するかという問題も解決しなければならない。商品を構成する一連の部品間における性能や価格の調整では、部品間は相互影響するため、全体の関連や変化を総合し、視覚的に提供する必要がある。

したがって、各種の性能指標の統合、部品の性能・価格の変化情況、構成バランスなどを同時に扱えるモデルが必要である。また、より汎用的なシステムを構築するためには、データの記述方法や操作方法を提供すべきである[1],[4]。さらに、利用者により分かりやすい・操作しやすいインタフェースを提供するためには、モデルの視覚的な表示も重要である[2]。

本論文では、各種の部品の属性、価格、時間といった事柄を統一的に扱う多次元空間におけるデータモデルを提案し、基礎となる演算子を定義する。各々の次元に比較演算子が提供されていれば、要求(a)は答えられるようになる。(c)の変化動向をつかむ要求は、意味的には一次微分である速度と二次微分である加速度によって表現できるが、E-コマースにおける価格や販売時期は、離散値であるため、微分することはできない。本論文では、ベクトル空間の演算を用いてその役割を果たし、価格性能比や性能の変化対価格の変化や価格の変化対販売時期の変化によって、価格性能上の買い得情報や時期的な買い得情報を提供する。さらに、性能次元をレーダーチャートという2Dグラフで、価格を回転軸とすることで性能・価格に関する情報を3Dグラフとすることでモデルの視覚化を計る。さらに、提案しているモデルに基づいて開発中のプロトタイプシステムについても報告する。

本論文は、次のように構成される。2章では E-コマースにおける概念による検索要求について分析する。E-コマースにおける各種のデータを統合的に表した多次元空間モデルについては3章で、多次元空間における基本的な演算子については4章で検討する。開発中のプロトタイプシステムについては5章で報告し、6章は全体のまとめである。

2. 概念による検索について

本章では、著者らが考慮している E-コマースのための概念による検索の処理手順について述べる [5]。

店舗で商品を購入する際には、顧客は一般的に汎用概念を用いて自分の要求を表す。店員もできるだけ難しい専門用語を避け、顧客にとって分かりやすい概念を用いて会話を行っていく。例えば、「オフィス用 PC 一台を 20 万円以内の予算で購入したい。ただし、記憶容量は大容量で、できれば演算も高速の方がよい」というような購入要求では、「オフィス用」、「予算は 20 万円以内」、「大容量」、「高速演算」といった概念で表される性能指標に解釈され、それに対する詰めを行うことになる。また、購入という意思決定をする際には、顧客からは「液晶ディスプレイとして一番買い得のサイズはどれであるか」、「お勤めのプランに大画面という要求を加えると価格はどう変わるか」といった価格性能比に関する質問や異なる構成案間の違いに関する質問がよく出される。このため、E-コマースシステムにも相手の意図を柔軟に理解できるような利用者インターフェースやアドバイス機能が必要となる。

概念は一般に複数のレベルに分けられ、 i レベルの概念と $i+1$ レベルの概念間には 1 対多の展開関係を持つ。個々の概念は、構成のみに注目している場合や性能のみ注目している場合、あるいは構成と性能の両方とも注目している場合がある。前の例からも分かるように、顧客の要求は、一般的に購入の「目的」から、そのために必要な「機能」、さらに、機能を確保するための部品の「性能」という順に詳細化される。これによって、候補となる構成案(部品の組合せ)の大枠が決められる。したがって、システムで扱う概念は次のように分類できる。

目的概念：「オフィス用」、「マルチメディア用」、「アプリケーションサーバ」、「ファイルサーバ」、「インターネット用」といったような概念がその例である。大きな目的概念は一般的に、より詳細な目的概念や機能概念や性能概念によって再帰的に定義される。例えば、「自宅用」という目的は、「マルチメディア用」、「インターネット用」等のより詳細の目的によって定義される。また、「マルチメディア用」は、「デジタル写真」、「動画像編集」、「TV 録画」、「DVD 制作」等の機能概念によって定義される。機能概念：「デジタル写真」、「動画像編集」、「TV 録画」、「DVD 制作」などの概念がその例である。機能概念も一般的に、より具体的な機能概念や性能概念によって再帰的に定義される。具体的な機能を達成するために、例えば、「デジタル写真」処理機能を達成するためには、「低速の CPU」、「小容量 MEM」があればよい。

性能概念：「高速・中速・低速 CPU」、「大容量・中容量・小容量メモリ」といったある種の部品の性能に関する枠を定性的に表している概念がその例である。各性能概念に対して、「高速 CPU は Pentium4 の 2.8GHz 以上のものとする」、や「中容量メモリは条件 $MEM \geq 256MB$ 、 $MEM \leq 512MB$ を満たしたものである」というような定性的な記述が定義されている。

すなわち、概念は、大きく「目的概念」、「機能概念」、「性能概念」というような層に分けられ、上位層の概念から下位層の概念へ写像するように処理される(図 2)。この概念階層は対応分野の概念体系(ontology)に相当するものでもある。また、このような階層を採用することは、効果的な対話インターフェースの実現にも有効である。さらに、概念階層による変換で表されている性能概念の集合は、利用者の目的商品に対する検索条件の枠組みを示すもので、利用者のスキルの違いや変換用知識ベース充足程度によって、一般的にこの枠はおおよそのものである。

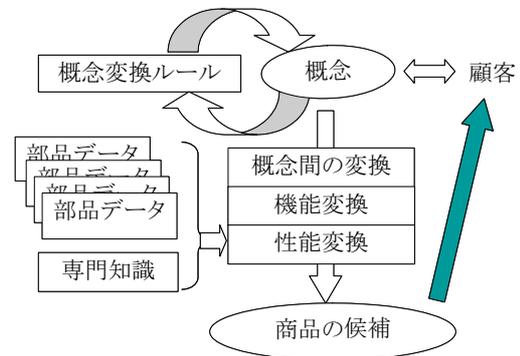


図 2 概念による検索の仕組み

システムの次の作業は性能概念の集合(商品の各部品の属性に対する要求)から商品の構成案を求めて、それを利用者に提示し、利用者に最終的なものを選んでもらう。しかし、図 1 で示されているように、この段階では、相互関連している様々な事柄を総合的に処理する必要がある。

3. 多次元空間モデル

PC が CPU、HDD、メモリ、ディスプレイなどから構成されるように、一般に商品は通常複数の部品からなる。各々の部品は、さらに複数の属性を持っている。このため、システムで最初に処理しなければならない作業は、一つの部品の多様に渡る属性値をどのように統合的に表すかということである。本章では、これらの多種の属性の互いの関わりについて分析し、多次元空間モデルを提案する。

3.1 単一性能次元のモデル

部品の性質は、一般に複数の性能属性 p_1, p_2, \dots, p_n に

よって記述されている。例えば、PCの部品CPUでは、動作周波数、内部パイプライン数、内部キャッシュサイズ、浮動小数点演算装置、メーカー、ベンチマーク等の性能指標がある。また、異なる属性が性能に対する影響や利用者の概念との相関性が異なってくる。例えば、ベンチマークとL2キャッシュサイズがCPUの性能評価上における重要性は明らかに同じではない。本論文では、各属性をそれぞれの次元に分けて対処していく。本節では、性能次元における基本的な操作要求について検討する。

性能の値には、数値と枚挙値に分類でき、性能間には全順序であるものと半順序であるものがある。DVDやCDなどの装置の性能間のコンパチ関係は半順序の例である(図3)。具体的に言うと、コンパチ関係には、さらに上位コンパチと下位コンパチがある。上位コンパチは性能値の高いものが性能値の低いものの代用として利用できることを意味し、図3がその例である。下位コンパチは性能値の低いものが性能値の高いものの代用として利用できることを意味し、消費電力、騒音などの性能値がその例である。同じように液晶ディスプレイのメーカーを、ブランドという次元に写像すると、「A社」>「B社」、「C社」>「B社」というような半順序関係を定義できる。

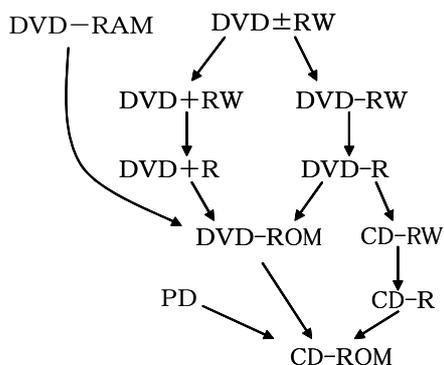


図3 半順序関係

一方、数値型間には全順序を持つ。性能概念は一定の区間、 (a, b) 、 $[a, b]$ 、 $[a, b)$ 、 (a, b) 、 $(-\infty, b)$ 、 $(a, +\infty)$ を示す条件に翻訳される。CPUの周波数やMEMORYの容量がその例である。例えば、「高速CPU」は周波数が2.8GHZ以上、「中速CPU」は周波数が2.7GHZから1.6GHZの間のもので仮定した場合、「高速CPU」は $[2.8, +\infty)$ という区間に、「中速CPU」は $[1.6, 2.7]$ という区間に写像される。

このように、比較演算が行えば、性能要求1が性能区間1 $[a, b]$ に、性能要求2が性能区間2 $[c, d]$ に写像された場合には、性能要求1 性能要求2は次のように計算できる。

$$[\max(a, c), \max(b, d)] \quad \text{if 性能が上位コンパチ} \quad \text{---(1)}$$

$$[\min(a, c), \min(b, d)] \quad \text{if 性能が下位コンパチ} \quad \text{---(2)}$$

以上をまとめると、単一性能次元において必要となる基本演算子は、抽象的なデータ型に対する比較演算子である。

3.2 概念の多次元性

本節では、異なる次元で表される属性間の関連について分析し、その関連を表すために必要となる基本演算子を洗い出す。

PCデータを例にすると、同じ部品の異なる属性を表す次元間は、次のような関連が存在する。

(1) レーダーチャート関係にある次元:

PCのような一つの商品は、CPU、HDD、メモリやMBなどの部品から構成されるので、構成要素の性能を表す次元を図4のようなレーダーチャートで表すことができる。

各部品が一つの商品を構成するためには、バランスが重要である。例えば、Pentium4のCPUなら、メモリは256MB以上が必要となる。すなわち、レーダーチャートによって表される異なる次元間は、従属関係にはないものの、一定のバランス関係は存在する。バランスよくできた商品の各部品の性能を円となるように各次元の単位を調整しておくと、与えられた商品の構成バランスを視覚的に表示できる。

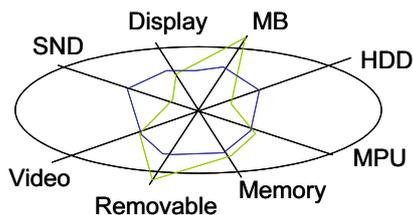


図4 PCの構成要素のレーダーチャート

(2) 一方の変化がもう一方の変化を引き起こす関係にある次元:

この場合の例としては、次のようなものが上げられる。

- (a) 性能次元と価格次元、
- (b) 価格次元と販売時期という次元、
- (c) 部品の売上高次元と販売時期という次元。

各部品は、価格と性能に関するデータがあるが、同一時点における同一メーカーの製品では、通常性能が上である方は価格も高くなる。すなわち、価格次元の変化は性能次元における変化を引き起こすことになる。例えば、HDDの容量と価格の関係を、図5に示している。図5からは、性能の向上は必ずしも価格の値上げを伴うとは限らないことが分かる。

一方、同種類部品の価格は、通常時間の経過とともに価格は変動しながら下がる方向をたどる。すなわち、時間次元の変化は価格次元における変化を引き起こすこと

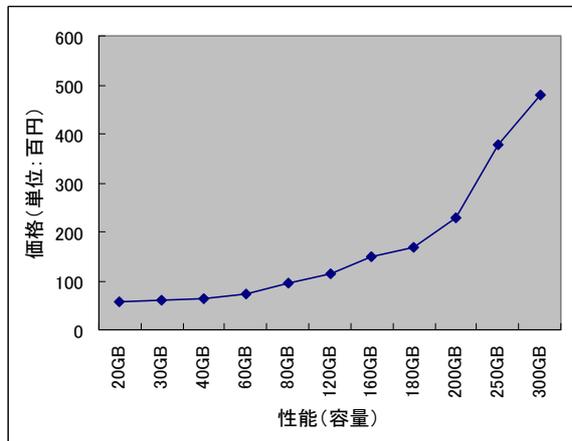


図5 HDDの容量と価格の関係

になる。図6はHDD部品の価格と時間の関係を示している。一般的に価格と時間のグラフからは、大きな変動があったかどうかという情報が得られる。また、最近大きく値下がりしたものであれば、定期的に買い得ということにもなる。

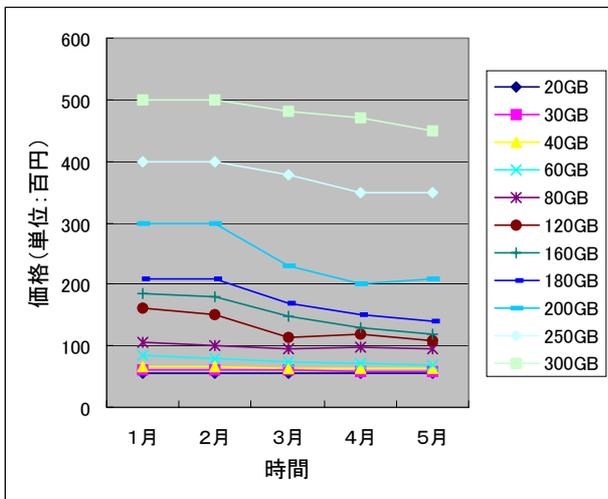


図6 HDDの価格と時間の関係

同様に部品の売上高をY軸、販売時期をX軸とするグラフからは、全体の売れ行きに関する情報が得られる。さらにその中から変動の大きい時点を判明することは、次の販売戦略を立てるために役に立つことが多い。

(3) (1)と(2)で総合的に関連する次元:

それぞれ(1)と(2)で関連する次元を総合すると、その視覚的グラフが3Dに進化する。例えば、価格といった性能の変化を引き起こす次元を入れると、商品全体の性能と価格の総合的な関連が得られる。図7は、性能のリーダーグラフに対して価格を回転軸とした3Dグラフを示している。それはPCの価格の上昇に伴う商品の性能の向上の流れを示している。

図7は円で表されているバランスの取れている下位レ

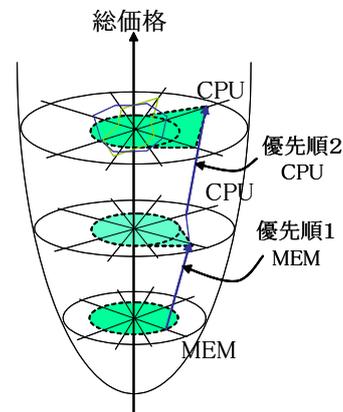


図7 PC性能と価格の関連

ベルのPCからバランスの取れている上位レベルのPCへ変化していくの過程も示されている。すなわち、一つレベルのバランスの取れた円からは一気に上位のレベルの円には進んでいけず、価格の上昇に伴って一部ずつの部品の性能アップを通して、上位レベルの円に到達していくのである。通常限られている予算の中で商品を購入する場合に、必ずしも円で表されたバランスの取れた商品を購入できるとは限らず、重要度の高い部品から優先的に性能アップすることになることが多い。そのため、各々の目的に応じて部品間の重要度の半順序関係を定義しておく、下位レベルのバランスの取れた円から上位レベルの円までの変化の流れそのものにも意味を持つことになる。

4. 多次元空間における演算子

本章では、3章が提案している多次元空間モデルにおいて基礎となる演算子を、各々の次元におけるものから複数の次元の関わりに関するものまで、検討していく。

4.1 単次元における演算子

概念から写像された条件式は、通常一定範囲に属するデータが対象になる。すなわち、それぞれ上限と下限が指定されることになる。それぞれのデータ型に適した比較演算子が提供されていれば、上限同士の比較演算と下限同士の比較演算を行えば、式(1)や(2)で示しているように異なる概念に対する意味的な総合演算が行えるようになる。

[定義1] 性能次元には、その結果が論理値を取る比較演算子が定義されている。さらに、“-”演算も定義されている。全順序を持つ連続値を取る次元に対しては、通常の引き算“-”演算になるが、半順序しか持たない枚挙型からなる次元においては、半順序関係を持つ二つのデータ間のみ計算可能であり、結果は互いのレベルの差である。 □

4.2 2次元空間における演算子

HDDの容量と価格の関係を示している図5とHDDの価格と時間の関係を示している図6から、一方の変化がもう一方の変化を引き起こす場合、両者の比例や変化の速度などを求める演算子が必要であることが分かる。例えば、図5の価格軸と性能軸に対して、それらは性能価格比や性能の変化対価格の変化の比を意味する演算になる。図6の時間軸と価格軸に対しては、それらは価格時間比や価格の変化対時間の変化の比を意味する演算になる。

X軸に当たる価格や発売時期が連続値ならば、各々の変化の比はY軸に対する一次微分と二次微分、すなわち速度と加速度を求めることになる。しかし、価格や発売時期は連続値を取っているわけではなく、離散値しか持たず、微分可能ではない。このため、上記の要求をもう一度考察してみることにする。各時点での速度や加速度の値そのものが重要ではなく、異なる時点での値の違いに意味があることが分かる。例えば、性能軸と価格軸に対する加速度の極大値は、どの価格台の部品がコストパフォーマンス上で買い得かと言うことを意味し、価格軸と時間軸に対する加速度の極大値は、ある部品を買う場合どの時期が一番買い得かということの意味する。このため、微分の意味に基づく離散値に対する定義が必要となる。本論文では、ベクトル空間に関する数学記号を利用する[6]。

ベクトル空間 R_n において、 R_n の標準基底は $e_1 = (1, 0, \dots, 0)$ 、 $e_2 = (0, 1, \dots, 0)$ 、 \dots 、 $e_n = (0, 0, \dots, 1)$ である。任意の二つのベクトル

$$a = (a_1, a_2, \dots, a_n), b = (b_1, b_2, \dots, b_n)$$

のベクトル和 $a + b$ 、スカラー倍 a は、次のように定義される。

$$a + b = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, \dots, a_n + b_n)$$

$$a = (a_1, a_2, \dots, a_n)$$

ここで、 $a - b = a + (-b)$ であることに注意せよ。

[定義2] X軸とY軸の2次元空間におけるX軸の方向で並んでいる点の系列 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_i, y_i), \dots$ に対して、各 $(x_i, y_i) (1 \leq i \leq n)$ において次のような演算子が定義されている。

比例： y_i/x_i 。

速度：その方向は、 (x_i, y_i) を始点、 (x_{i+1}, y_{i+1}) を終点とするベクトルによって表され、その大きさは $(y_{i+1} - y_i)/(x_{i+1} - x_i)$ である。

速度の方向の変化：

(x_i, y_i) を始点、 (x_{i+1}, y_{i+1}) を終点とするベクトルと、 (x_{i-1}, y_{i-1}) を始点、 (x_i, y_i) を終点とするベクトルが時計方向でなす角度 $\theta (0 \leq \theta \leq 2\pi)$ 、または反時計方向でな

す角度 $\gamma (-2\pi \leq \gamma \leq 0) (\theta - 2\pi = \gamma)$ で表される。 □

図5で示したHDDの価格性能比の関連グラフを、定義2の「比例」にしたがって計算し直されたのが、図8の上の部分HDDの容量別価格性能比グラフになる。すなわち、性能がX軸、価格性能比がY軸となっている。その中の一部分のを定義2の「速度の方向」と「速度の方向の変化」にしたがって表示しているのが図8の下の部分の図になる。ベクトル p, q, s, t はそれぞれの始点の速度の方向を示している。ベクトル q とベクトル p のなす角度は θ となる。ベクトル s とベクトル q のなす角度は $-\phi$ となる。ベクトル t とベクトル s のなす角度は ψ となる。速度の方向の変化がマイナス角度となる場合は、性能は向上したが、価格性能比は下がった場合を表している。また、X軸の各区間内におけるY軸の変化が重要であると同時に、全体スパンから見た変化、例えば図8の下部分の図におけるベクトル u から見た容量の変化に伴う価格性能比の変化という情報も重要である。

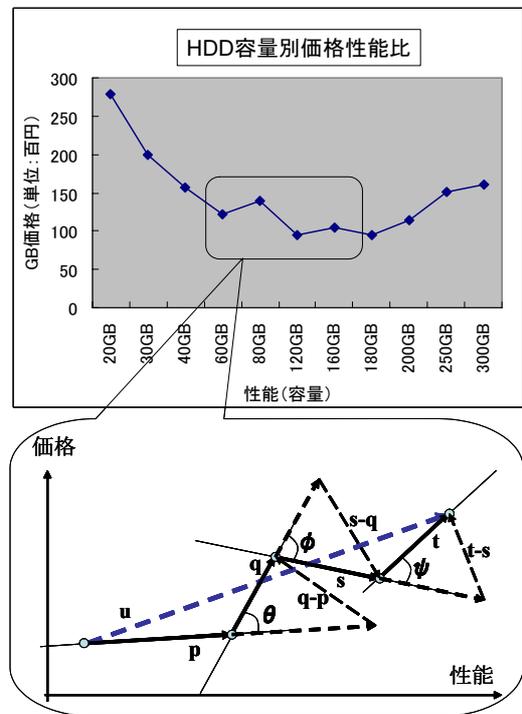


図8 HDDの性能価格比のベクトル表示

同じように、時間軸と各時点での商品の合計価格軸の2次元空間における速度や速度の方向の変化からは、商品全体として時期的に買い得かどうかに関する情報が得られる。

4.3 多次元空間における演算子

3.2節に分類している多次元間の関連に対応して、多次元空間における演算子もそのように分類できる。

(1) レーダーチャート関係にある次元

各々の次元には比較演算子が定義されているので、多

次元空間における A という PC の各部分の性能が、全体的に B という PC の性能より優れているかどうかを表す演算子は次のように定義できる。

[定義3] x_1, x_2, \dots, x_n 性能次元に表されている商品 P は、それぞれの次元における座標の組 $P(p_1, p_2, \dots, p_n)$ によって表される。二つの商品 P, Q 間の比較演算子 $<$ は、各々の次元における比較演算子 $<$ の組によって表される。

$$P < Q = (p_1 < q_1, p_2 < q_2, \dots, p_n < q_n)$$

□

すなわち、 $B < A$ であるかどうかは、すべての次元における比較の結果とも真であるかどうかによって判定できる。したがって、商品 A の性能が全体的に商品 B の性能より優れているかどうか、すなわち、商品 A の性能を表すレーダーチャート A が商品 B の性能を表すレーダーチャート B を含むかどうかは、 $B < A$ であるかどうかによって表される。

次に、異なる次元間のバランス関連を表すための演算子について定義する。

[定義4] 連続値を取る x_1, x_2, \dots, x_m 次元における標準化係数 $C(c_1, c_2, \dots, c_m)$ によって標準化することは、各々の基底ベクトル $e_i = (0, \dots, 1, \dots, 0) (1 \leq i \leq m)$ をスカラー倍 $c_i e_i = (0, \dots, c_i, \dots, 0)$ とすることである。 □

すなわち、バランスが取れた構成が円となるように、標準化係数 $C(c_1, c_2, \dots, c_n)$ を定義すればよい。

(2) 総合的に関連する次元における演算子

図7で示しているように、合計価格の上昇とともに、商品の性能を表しているレーダーチャートも膨張する。したがって、レーダーチャートの各次元における性能と価格の比例、速度と速度の方向の変化の組が PC 全体の性質を表していることになる。

[定義5] y 次元における変化がそれぞれ x_1, x_2, \dots, x_n 次元における変化を引き起こす場合、全体の比例、速度、速度の方向の変化は、各 x_1 対 y 、 x_2 対 y 、 \dots 、 x_n 対 y 次元での比例、速度、速度の方向の変化からなる組で表される。 □

例えば、図7という場合には、総価格次元が y 次元に相当し、レーダ - グラフ中の各次元が x_1, x_2, \dots, x_n 次元に相当することになる。PC の CPU、HDD、メモリなどの部品の属性の次元からは、価格の変化に応じた比例、速度、速度の方向の変化といった値が得られる。それらの組が PC 全体の情報を表している。それぞれの次元における情報を比較することによって、総合的にどの部品にお金を掛けた方が一番得するかといった情報も得られる。その情報を利用すると、例えば同じ優先順位の部品に対しては、先に少ない予算で性能アップができる方に着手

するという賢い方法が取れるようになる。

5. プロトタイプシステム

上記のようなデータモデルを検証するために、プロトタイプシステムを開発している。プロトタイプシステムは2章で報告している概念による検索部分と、3章、4章で報告している候補を比較しながら絞っていく部分からなる。

概念による検索部分は、すでに論文[5]で報告しているので、ここではその概要を述べるのに止まる。システムにログインすると、システムはトップレベルの概念を検索し、購入商品の目的と予算を顧客に答えてもらう。システムは利用者とは対話しながら、詳細化の結果として、性能指標を得られる。それを利用して、システムは候補の一覧を提供を利用者に提示する。しかし、文字ベースインタフェースでは、これらの一覧がリストとして、画面に表示されるため、それらの違いが分かりにくい。また、このようなリストの情報に基づく利用者の選択作業も非常に困難である。

この問題を解決するために、われわれは後半の部分のシステムが、次のような利用者の対話による商品の選択プロセスを提供するように設計を行っている。

(1) 候補リストのレーダーチャート表示：システムが精化した性能指標の集合と制約情報からシステムとして推薦できる候補のリストを、次のような手順を経て図9のような性能のレーダーチャートを構成し、利用者に表示する。利用者はその中から「適切」と思われる候補を選ぶ。

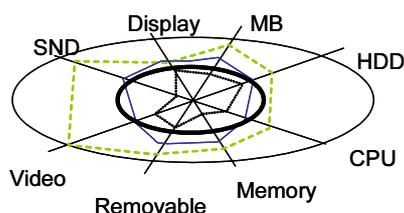


図9 候補リストのレーダーグラフ表示

(a) 候補の中から最も高い商品、最もやすい商品、お勧め商品といった代表となるいくつかの商品を選出する。

(b) 利用者の利用目的からレーダーチャートにおける各次元間のバランスの規準を決め、それにしたがって各次元の標準化を行う。

(c) (a) で選出した代表商品を、(b) で標準化された次元におけるレーダーグラフを作成し、表示する。図9は代表商品が4つの場合の例である。

(2) 候補の調整：候補の性能のレーダーチャート、性能価格比グラフを表示し、利用者には次の3つの方法で調整してもらう。

(a) 価格の調整：総価格を調整することで、システムが自動的に概念変換時に利用者が与えた優先度を使って、最も優先的に取り換える部品を決め、その商品の構成を変えると同時に、性能レーダーチャートと性能価格比グラフを自動的に再描画する。

(b) 性能バランスの調整：性能のレーダーチャートにおいて、性能的な調整を行う。

(c) 性能価格比の調整：性能価格比のグラフを通して各商品のの買い得の程度を確認し、必要に応じて候補を調整する。

(3) 微調整：ステップ(2)の調整でどの概念に影響を与えているかを、図10を通して利用者に表示する。

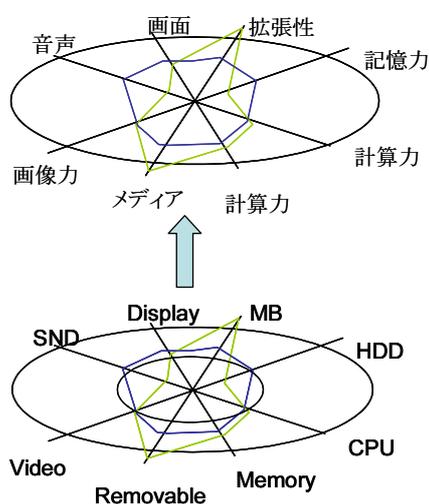


図10 候補の微調整

このように微調整を繰り返し実行することで、顧客はシステムからのアドバイスを参考しながら、自分の目的と予算に合った商品を決めていくことになる。

開発環境は、WEBサーバにはapache1.3.26、開発言語にPHP、データを格納するデータベースにはPostgreSQL7.2を使用している。現段階では、概念による検索部分はほぼ完成しているが、後半の部分はまだ設計段階にあり、2Dと3Dグラフの実現についてはJAVA 2DとJAVA 3Dを用いる予定である。

6. むすび

本論文では、E-コマースにおいて高度な利用者インタフェースを提供するためには、次のような機能を提供できなければならないことを指摘した。

(1) 目的概念、性能概念などの概念による検索機能を提供する。

(2) 利用者の利用目的に対しては、バランス取れた構成案を示す。

(3) 異なる購入案に対する総合的な比較機能を提供する。

(4) 性能価格比において買い得かどうかの分析、価格購入時期比において買い得かどうかの分析といった機能を提供する。

(5) 検索結果の視覚化を計る。

本論文では、商品の性質をそれぞれの次元における点で表し、それぞれの次元において基本となる演算子は比較演算子であることを示した。各種の概念からそれらの次元における条件式の写像を提供し、比較演算子を通して異なる写像間の統合を行う方法で要求(1)に対処した。そして、多次元空間における点をベクトル空間のベクトルに写像し、ベクトル空間の演算によって機能(2)から機能(4)の数学的な基礎を提供した。さらに、商品の性能を表しているレーダーチャートに、価格という回転軸を定義することで、性能価格の関係に関する3Dグラフによる視覚化を計った。

本論文では、PCパーツデータを応用例として、本モデルの有用性を示したが、E-コマースにおけるその他の場合に対しても応用できるであろう。ただし、本論文では、E-コマースのための数学モデルを与える作業の第一歩であり、プロトタイプシステムの完成とそれによる検証、モデルの充実などが今後の課題である。

謝辞：視覚的な表示についてアドバイスを頂いた山梨大学の茅曉陽先生に感謝いたします。

文 献

- [1] E. F. Codd: A Relational Model for Large Shared Data Banks, Communications of the ACM, 13:6, pp. 377-387 (1970).
- [2] A. Gray: Modern Differential Geometry of Curves and Surfaces with Mathematica (Second Edition). CPC Press (1998).
- [3] B.G.Silverman, M.Bachann, K.Al-Akharas: Implications of Buyer Decision Theory for the Design of Online e-Commerce Websites, International J. of Human Computer Studies, Winter (2002).
- [4] J. Su, H. Xu, Oscar H. Ibarra: Moving Objects: Logical Relationships and Queries, Advances in Spatial and Temporal Databases, Springer-Verlag, LNCS 2121 pp.3-19 (2001).
- [5] 史一華、高橋武史、徐海燕：WEB ショップにおけるセマンティック検索法、信学技報 DE, Vol.103, No.356, pp.13-18, 2003
- [6] 宮崎保光著：応用ベクトル解析、コロナ社、1995。