

協調行動の役割形成における隣接集合の嗜好的なアクセス手法

黄 長華[†]、大木幹雄[‡]、坂本康治[‡]

[†]日本工業大学大学院工学研究科、[‡]日本工業大学情報工学科

〒345-8501 埼玉県南埼玉郡宮代町学園台 4-1

Email: [†]huang@uhura.nit.ac.jp, [‡]{ohki, sakamoto}@nit.ac.jp

あらまし 動的な依存関係を利用した分散オブジェクトの協調行動モデルでは、各分散オブジェクトに次のような必要条件が要求される^[1]。①ひとつの分散オブジェクトはシステム内すべての、他の分散オブジェクトの状態変化を知っている。②分散オブジェクトはメソッドの転送相手が複数存在する場合、どの転送相手が優位的であるか判断することができる。そこで、我々は各分散オブジェクトを自己中心にした隣接集合の概念を導入し、隣接空間内でオブジェクトの優位性を判断する方法を提案した^[2]。本稿では、このような考え方をさらに具体化するため、嗜好的なアクセス手法を用いてオブジェクトの優位性を判断する。また、オブジェクト間の役割転送をパラメータに限定したモバイルショッピングシステムを取り上げ、その有効性を確認する。

キーワード 分散オブジェクト、協調動作、隣接集合、嗜好的なアクセス手法、モバイルエージェント

A Tasting Access Method for Distributed Objects to Assign their Cooperative Action Role in the Contiguity Set

Zhanghua Huang[†], Mikio Ohki[‡], koji Sakamoto[‡]

Nippon Institute of Technology

4-1 Gakuendai, Miyashiro-Machi, Minamisaitama-gun,

Saitama-ken, 345-8501, Japan,

Email: [†]huang@uhura.nit.ac.jp, [‡]{ohki, sakamoto}@nit.ac.jp

Abstract In the cooperative action model of distributed objects using the dynamic dependence relationship, following necessary conditions are required of each distributed object ^[1]. One, each distributed object knows the state change of all other distributed objects in the system; the other, When a distributed object has two or more role transmission partners, it can judge which one of them is predominant. For these problems we have introduced the concept of the contiguity set which let each distributed object self-center, and proposed a method to judge the predominance of the objects in contiguity space ^[2]. In order to embody such idea further, we use a tasting access technique to judge objects predominance. Moreover, in this paper we will confirm its usefulness with a mobile shopping system, which limited the role transmission between objects to the parameter.

Key words distribution object, cooperative operation, contiguity set, tasting access method, mobile agent

1. はじめに

モバイルコンピュータの普及に伴って、個々のコンピュータが独自の機能を果たしながら、同時に全体と協調して動作するような分散オブジェクトの機構が必要とされはじめています。このような協調動作を実現するには、単なるメッセージ着信によるイベント起動といった受動的な動作機構が不十分であると考えられ、他のオブジェクトの活動状態を積極的に監視し、情報を取得する能動的な機能が不可欠になる。

我々は、メッセージ送信とともにオブジェクト間の動作の整合性を保持する機構として利用されてきた依存性に基づくシグナル送信機構に着目して、自律的な分散オブジェクトの協調動作を制御する行動モデルについて提案を行った^[1]。このモデルでは、以下のような機構を各分散オブジェクトにもたせた。

① システム全体状態の能動的な獲得機構

システム全体を表現するような分散オブジェクトの状態、あるいは他の分散オブジェクトの状態を監視し、その状態変化を知る機構である。

② 分散オブジェクト固有の役割形成機構

動的に個々の分散オブジェクトがもつ機能の一部（すなわち、メソッドとそれに付随する変数群）を相互に転送しあい、全体の中で役割を分担するよう集団を形成するための機構である。

これらの機構に基づいて、各分散オブジェクトが独自の機能を果たしながら、他のオブジェクトに働きかけ、必要なときメソッドの転送を行い、特定のメソッドを特定の分散オブジェクトに集中させることで、役割の分担を形成する。

しかし、上記の機構を実現するには、各分散オブジェクトに次のような必要条件が要求される。

- ・ ひとつの分散オブジェクトはシステム内すべての、他の分散オブジェクトの状態変化を知っている。
- ・ 分散オブジェクトはメソッドの転送相手が複数存在する場合、どの転送相手が優位的であるか判断することができる。

現実ではひとつの分散オブジェクトがシステム内すべての、他のオブジェクトの状態を監視するのは、制御上で大きなオーバーヘッドを生じる。一方、分散オブジェクトが自分のもつ機能の一部をすべての転送相手に送るのも妥当な解

決策ではない。そこで、我々はモデル実用化に向け、各分散オブジェクトを自己中心にした隣接集合の概念を導入し、隣接空間内でオブジェクトの優位性を判断する方法を提案した^[2]。

本稿では、このような考え方をさらに具体化するため、優位性の判断方法として嗜好的なアクセス手法を適応する。また、オブジェクト間の役割転送をパラメータに限定したモバイルショッピングシステムを取り上げ、その有効性を考察する。

2. 協調行動モデルの概要

2.1. 協調行動モデルの機能

図1で示すような動作モデルを考える。この動作モデルは次のような機能を実現する。

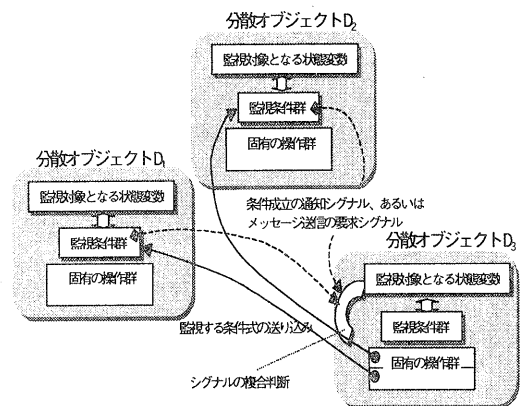


図1 協調行動を実現する機構の動作モデル

(1) 状態変数の監視とその通知機能

分散オブジェクトがもつ状態変数の状態変化を監視する条件式を送り込み、条件式を満たす変化が生じたとき、その変化を送信元に通知する機能である。

協調行動を行うには、まず他の分散オブジェクトがどのような観測可能な状態変数名をもつかを知り、その状態変数のいかなる状態変化に着目するかを相互に明らかにする必要がある。

その動作を「監視する条件式を分散オブジェクトの内部に送り込む」といった監視機能で実現する。なお、他の分散オブジェクトから監視可能な状態変数名は、隣接関係にあるオブジェクト間同士でのみ相互に知り得ているものとする。

(2) 監視条件と動作式の転送機能

全体システムの中で、個々の分散オブジェクトが役割を形成してゆくために、動的に分散オブジェクトのもつ状態変数とそれに付随する監視条件、条件成立時の動作手続き（以後、これらをまとめて監視手続きと呼ぶ）を転送しあう機能である。インタプリタ形式のオブジェクト指向言語で行われているメソッドのクラスへの登録機能と同様に、分散オブジェクトに送信された監視手続きは、監視手続きテーブルに格納され、動的に他の分散オブジェクトへ転送したり、消去したりすることができる。

(3) 分散オブジェクトの分裂コピー機能

本稿で述べる分散オブジェクトは、インスタンスでありながら、インスタンスがもつ手続きを個々のオブジェクトが各々保持するものとする。すなわち、インスタンスで共有する手続きをクラスにもたせ、インスタンスはそれを参照するといったクラス-インスタンスの考え方は採らない。なぜなら分散オブジェクトが動的に役割を形成する上で、共通するメソッドをインスタンスが一様に参照することは固定的になりすぎるからである。代わってコピー機能によって既存のオブジェクトからコピーし、新たな分散オブジェクトにすべての手続きをもたせる。同様な理由で、クラス継承の概念はもたない。代わって、分散オブジェクトの操作に必要な手続き

を、他の分散オブジェクトから転送（ダウンロード）させる考え方を採る。

2.2. 協調行動モデルの機構

図2に協調行動モデルの基本機能を実現するための動作機構を示す。図2からわかるように、基本的な構造は黑板アーキテクチャを採用している。本稿で述べる分散オブジェクトは、メソッドの継承関係を他のオブジェクトからの手続きブロックの転送によって実現することは既に述べたが、同時に状態変数に関する情報も転送される。状態変数黑板は、他の各分散オブジェクトから転送されてきた「状態変数名とその付帯属性、および固有の状態変数の値」を格納しておくものである。

一方、図2で示す分散オブジェクトの下半部分は、従来のオブジェクト指向と同様のメソッドのイベント駆動に対応するものである。ただし、黑板アーキテクチャとの対比から、メソッドを「行動手続き、あるいは手続き的知識」としている。この他に、単なるメッセージ着信によるメソッドの駆動ではなく、複数の分散オブジェクトから返信してきたシグナルを判断して起動をスケジュールする「起動スケジューラ」の考え方を導入している。従来のオブジェクト指向の機構に比較して複雑にはなるものの、協調的に環境へ適合するための最小限の機構拡張と考える。

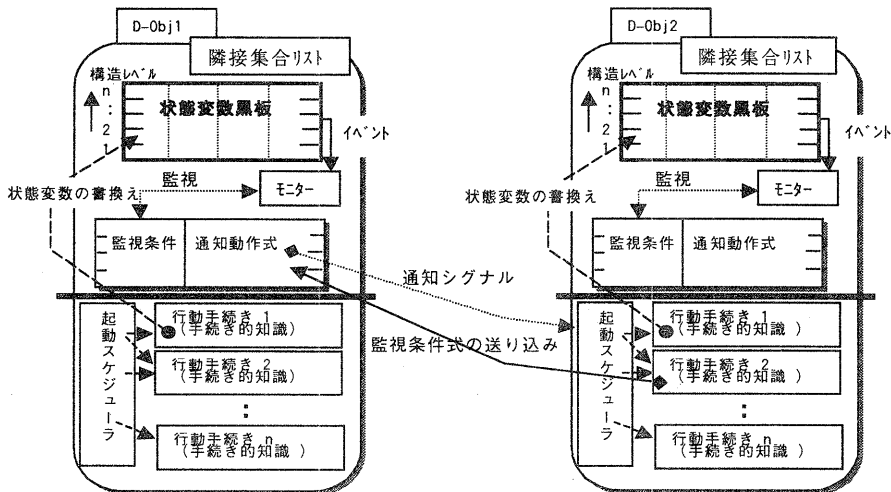


図2 協調行動モデルの動作機構

3. モデル実用化の考察

上述のモデル動作機構では、各分散オブジェクトは監視条件式を送り込む前に、他の分散オブジェクトがどのような観測可能な状態変数名をもつか知らなければならない。一方、分散オブジェクトが自分の持つ機能の一部を他のオブジェクトへ転送するとき、転送相手が複数存在する場合、どの分散オブジェクトへ優先的に送るべきかを判断する必要がある。これらの問題を解決するため、我々はモデル実用化に向け、各分散オブジェクトを自己中心にした隣接集合の概念を導入し、隣接空間内でオブジェクトの優位性を判断する方法を提案した²⁾。本稿では、このような考え方をより具体化する。

3.1. 隣接集合の概念

任意の分散オブジェクトを中心にして隣接する分散オブジェクトの集合を次のように定義する。

$$\eta(\alpha)[v] \stackrel{\text{def}}{=} \{x | x \leftarrow \alpha\} [v] \quad (3)$$

ここで記号「 \leftarrow 」は、抽象的な距離定義 v （例えば嗜好距離）の一定の距離内にある分散オブジェクトを結ぶつづけることを意味する。したがって、 $\eta(\alpha)[v]$ は、図3に示すように、 α を中心にして、抽象的な距離定義 v から見て一定の距離にある分散オブジェクトを結び付けたものの集合を指す。これは例えば、ある人間から見て「親友」という距離関係順に一定数の友人を選び出したときの集合に相当する。

システム内に存在するすべての分散オブジェクトは、自分自身に隣接する分散オブジェクトの集合を保持する。例えば、図3の中に β の隣接集合は $\eta(\beta)[v]$ である。

隣接集合の導入によって、システム内分散オブジェクト間の状態監視は次の2ケースに分けられる。

- 分散オブジェクト α は、状態監視の相手が α の隣接集合 $\eta(\alpha)[v]$ 内にある場合、監視条件式を直接に相手に送る。
- 分散オブジェクト α は、状態監視の相手が α の隣接集合 $\eta(\alpha)[v]$ 外にある場合、隣接集合内の他のオブジェクト β に依頼する。ただし、状態監視の相手が β の隣接集合 $\eta(\beta)[v]$ 内にある。

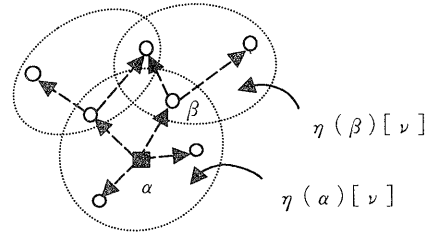


図3 隣接集合の概念

以上の分析より、システム内任意二つの分散オブジェクト間の通信は、最終的に隣接集合内のオブジェクト間の情報やり取りに帰着することがわかる。

3.2. 優位性の判断方法

隣接集合内では、分散オブジェクトの送信相手が複数存在する場合、それらの優位性を判断する必要がある。優位性の判断方法として嗜好的なアクセス手法を適応する。

分散オブジェクト α の隣接集合を

$$\eta(\alpha)[v] = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$$

とする。嗜好的なアクセス手法は、隣接集合内で α ともっともよく通信するオブジェクトに最高の優位性を与える。優位性の度合い（ここでは嗜好度と呼ぶ）を数字で表すため、隣接集合内の任意のオブジェクト x_i と α の間で送信及び受信の回数を (s_i, r_i) と記憶しておく。これは協調行動モデルにおける状態変数黒板中の一種の状態変数に相当するものである。 α の隣接集合内のすべてのオブジェクトがこのような状態変数を持っている。以降これらをまとめて履歴情報と呼ぶ。

例えば、 α の履歴情報は次のように定義する。

$$\eta(\alpha)[v] = \{x_1(s_1, r_1), x_2(s_2, r_2), \dots, x_m(s_m, r_m)\}$$

そして、 α の嗜好度は下式で計算できる。

$$p_i = w \cdot \frac{s_i}{\sum_j s_j} + (1-w) \cdot \frac{r_i/s_i}{\sum_j r_j/s_j} \quad (w=0.5)$$

$$\begin{cases} w : \text{送信のウェイト} \\ 1-w : \text{受信のウェイト} \\ r_i/s_i : x_i \text{ における送受信の正答率} \end{cases}$$

分散オブジェクト α は最初に生成された時、何の履歴情報も持っていない。この時、オブジェクトの履歴情報が親オブジェクトから継承する必要がある。ただし、継承できない場合、履歴情報を以下のように初期化する。

$$\eta(\alpha)[v] = \{x_1(1,1), x_2(1,1), \dots, x_m(1,1)\}$$

隣接集合内でオブジェクトの嗜好度を比較することによって、役割分担を形成するための行動手続きと状態変数を優位なオブジェクトに優先的に転送する。したがって、嗜好度の高いものほど、多くの役割を分担することになる。

また、本手法は、万一嗜好度の高いオブジェクトとの通信ができなかった場合、代わりに嗜好度の次に高いオブジェクトと交信してみる。最悪の場合、隣接集合内すべてのオブジェクトと一回交信することになる。

なお、嗜好度の値がすべて同じな場合、隣接集合内のすべてのオブジェクトと順次に交信することを試みる。

4. 協調行動モデルの適応事例

協調行動モデルの具体的な応用例として、モバイルショッピングシステムを取り上げる。なお、問題をより単純化するために、オブジェクト間の役割転送をパラメータに限定した。

4.1. モバイルエージェントと協調動作

これまでに、ネットワークサービスの実現に向けて、さまざまなエージェント通信システムやエージェント記述言語が開発されている^{[5][6][7]}。これらのシステムでは、ユーザエージェント (User Agent) やサーバエージェント (Server Agent) などさまざまなエージェント技術が使われている (本稿では、これらのエージェントを一様に分散オブジェクトとして扱う)。

ユーザエージェントはユーザの代理人としてネットワーク上で自律的に移動しながら、必要な処理を行う。サーバエージェントはユーザエージェントに対してサービスを提供する。ユーザエージェントとサーバエージェントの間では何らかの協調動作が行われている。しかし、現時点では、これらのシステムでは明確にした協調動作の機構が用いていない。

我々は、モバイル環境を考慮したネットワークショッピングシステムを取り上げ、協調行動モデルの実装を試みた。

4.2. モバイルショッピングシステム

(1) システムの構成

図4にモバイルショッピングシステムの構成

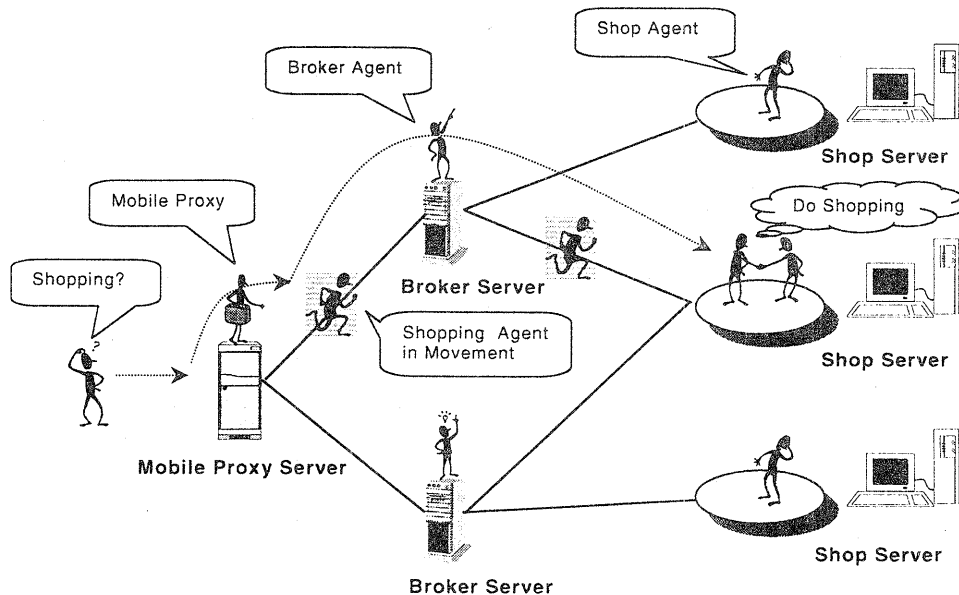


図4 モバイルショッピングシステムの構成

を示す。システムの中に3種類のエージェントが使われている。それぞれの機能及び役割を以下で述べる。

① ショッピングエージェント

ショッピングエージェント (Shopping Agent) はユーザからの処理委託 (ショッピングに関する情報) を受け取り、ネットワーク上の商店へ移動してショッピングの要求を伝える。

② サーバエージェント

サーバエージェント (Server Agent) はショッピングの依頼が来た場合、ショッピングの手続きをする。

③ 仲介エージェント

仲介エージェント (Broker Agent) はユーザと商店の間に配置され、商店のディレクトリ情報を管理している。ショッピングエージェントは仲介エージェントに問い合わせることより、最適な商店へ移動できる。

(2) システムの階層構造及び隣接関係

システムの階層構造は図5に示す。一台のモバイルサーバは一つのネットワークと関連付ける (図中の実線領域)。一つのネットワーク内に複数の仲介エージェントが配置される。例えば、Mobile Server1 のネットワーク内に仲介エージェント Broker1, Broker2 が配置されている。同じネットワーク内にあるすべての仲介エージェントは一つの隣接集合を構成する。すなわち、これらの仲介エージェントは相互に隣

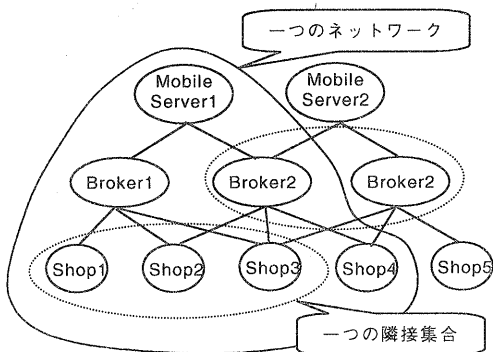


図5 システムの階層構造及び隣接関係

接関係を維持している。

同様に、一つの仲介エージェントは多くの商

店のディレクトリ情報を管理しているため、これらの商店も互いに隣接関係がある (図中点線領域)。

4.3. 嗜好的なアクセス手法の適応

ショッピングするときには、ユーザからの処理委託をショッピングエージェントに渡して、ショッピングを依頼する。ショッピングエージェントはネットワーク上で最初にたどり着いたのはモバイルプロキシサーバである。次にモバイルサーバに問い合わせして仲介エージェントサーバへ移動する。続いて仲介エージェントを通して商店エージェントと交渉しながら、ユーザの要求を満足した取引を行う。最後に、取引の結果をユーザに伝達する。

ユーザの処理委託は協調行動モデルの「監視条件式」に相当するものである。一般に、処理の委託は次の三つの要素に分けられる。

① ユーザ個人情報：ユーザID、パスワード、氏名及び連絡先などの情報である。

② ユーザの要求条件：ユーザの要求に関する情報をパラメータで表わしたものである。表1にユーザの要求条件として使われたパラメータの一覧を示す。

表1 ユーザの要求条件パラメータ

ショッピングの場所
アクセス制限時間
リクエストの優先度
アクセス結果の報告方法
例外への対処方法

③ 商品に関する情報：商品名称、値段、数量、品質などの情報である。

しかし、ショッピングの場所を明確に指定していない場合あるいは指定したサーバのアクセスが失敗した場合に、ショッピング活動は自律的に継続することができない。この問題を解決するため、我々はユーザがこれまでアクセスしたサーバの履歴情報を次のように定義する。

$$U = \{S_1(k_1, n_1), S_2(k_2, n_2), \dots, S_m(k_m, n_m)\}$$

ただし、 n_i はサーバ S_i に対してリクエストを要求した総回数である。 k_i はサーバ S_i から応答が正しく得られた総回数である。

これらの履歴情報を用いて、サーバ S_i の嗜好度 p_i を式(4)で計算する。

$$p_i = w \cdot \frac{n_i}{\sum_{j=1}^m n_j} + (1-w) \cdot \frac{k_i/n_i}{\sum_{j=1}^m k_j/n_j} \quad (4)$$

- w : 利用頻度のウエイト
- $1-w$: 正答率のウエイト
- k_i/n_i : S_i における送受信の正答率

る。仲介エージェントはユーザの履歴情報より各サーバの嗜好度を計算する。そして嗜好度の高い本屋へリクエストを送信する。処理が終わった後、その結果を自動的に利用者へ送る。

これより、携帯端末とモバイルサーバとの接続回数が最低2回で済む。回線占有時間を減少することができる。また、利用者は各本屋の詳細状況を気にする必要がなく、アクセスの手間を省くことができる。

また、履歴情報を用いた場合及び用いていな

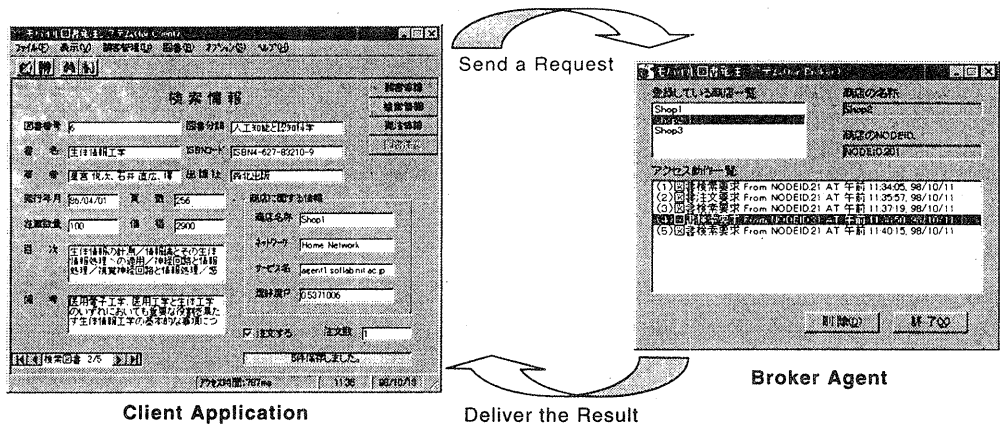


図6 モバイル図書発注システムの例

サーバの利用頻度と正答率を近似的に独立とみなす。 p_i の値は図2に示す通知動作式の中で履歴情報を更新する都度計算する。

これより、ユーザは一々サーバを指定することなく、式(4)で定義した嗜好度の高い次候補サーバへ自動的にアクセスすることができる。

4.4. システムの実装及び効果

我々は、モバイル図書発注システムの実装を行った。ネットワーク上で分散された「オンライン本屋」を三つ作成した。それぞれの本屋が各自の図書発注管理データベースを持っていて互いに独立に存在する。利用者は携帯端末を用いて必要な図書をこれらの本屋へ検索したり、注文したりすることができる。アプリケーションの例を図6に示す。

利用者はアクセスの要求条件及び図書に関する情報を処理の委託として仲介エージェントに伝え、その後の処理を仲介エージェントに任せ

い場合に、各商店サーバの嗜好度を表したグラフを図7に示す。グラフからわかるように、履歴情報を活用していない場合に、商店サーバの嗜好度が極端に変化している。それに対して、

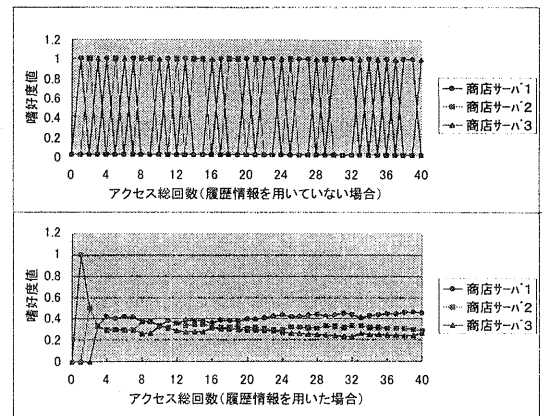


図7 履歴情報用いた場合と用いない場合の嗜好度

履歴情報を活用した場合では、嗜好度の値は滑らかに変化して、ある時点から安定しているように見える。

5. まとめ及び今後の課題

本稿では、協調動作の役割形成における隣接集合の嗜好的なアクセス手法について述べた。また、協調動作機構の具体的な応用例としてモバイルショッピングシステムを取り上げ、実験を行った。その結果、嗜好性に基づく協調空間内で効率的にアクセスする手法の有効性が確認できた。

しかし、今回試作した実験システムでは、オブジェクト間の役割転送をパラメータに限定したので、協調動作機構に対する評価は段階的にとどまっている。今後に残された課題は次のようなものがあげられる。

(1) 嗜好的なアクセス手法の検討

分散オブジェクトの優位性の判断基準はアクセスの履歴情報だけの計算式では不十分である。また、送信と受信のウェイトの決め方にも工夫する必要がある。

今後、より多くの要素（例えば、送受信の応答時間、回線のトラヒックなど）を取り上げ、優位性の判断基準をより一般化する。

(2) 行動手続きの役割転送

オブジェクト間の役割転送がパラメータだけではなく、行動手続きを相互に転送し合うような実験を行う必要がある。

(3) セキュリティの問題

分散オブジェクトの機能の一部（例えば、状態監視手続き）を他の分散オブジェクトに送信し、その資源を活用する訳であるので、Java以上に強固なセキュリティ対策を機構に盛り込む必要がある。

6. おわりに

本稿では、協調動作機構の具体的な応用例としてモバイルショッピングシステムを取り上げたが、このような機構の主な応用分野として株式売買システムが上げられる。例えば、複雑な購入条件（例えば、100円から120円の間で、

前場に比較して値動きが少なく、かつ売買高が増加していること）を複数の電子株式売買の場（例えば、東京市場、ニューヨーク市場等）に送信して監視させ、監視条件を満たしたら通知してくるシステムである。これ以外にも、状態監視が有効なシステム開発への適用分野を多く見出す必要がある。

なお、本研究の一部は情報サービス産業協会のHITOCC研究資金支援のもとに行われている。

参考文献

- [1] 大木幹雄, 坂本康治: 動的な依存関係による分散オブジェクトの協調機構, オブジェクト指向最前線'98, 情報処理学会 00'98 シンポジウム, pp133-140, 1998.9
- [2] 大木幹雄: 動的な依存関係を利用した分散オブジェクトの協調機構に関する提案, 電子情報通信学会技術研究報告, 信学技術, Vol.98, No.238, KBSE98-4, 1998.8
- [3] 黄 長華, 大木幹雄, 坂本康治: 仲介エージェントを用いたモバイル環境におけるサービスのアクセス手法, 第56回情報処理全国大会, ネットワークエージェント(1), 1998.3
- [4] Oracle Corporation Japan: Oracle Mobile Agents アプリケーション開発者ガイド, Oracle Mobile Agents のマニュアル, 1996
- [5] IBM Corporation - Tokyo Research Laboratory: Programming Mobile Agents in Java - A White Paper, WWW URL: <http://www.trl.ibm.co.jp/aglets/>.
- [6] General Magic: Mobile Agents White Paper, WWW URL: <http://www.genmagic.com/technology/techwhitepaper.html>
- [7] Anthony Sang-Bum Park, Stefan Leuker: A Multi-Agent Architecture Supporting Services Access, Mobile Agents, First International Workshop, MA'97, Berlin, Germany, April 1997. LNCS Vol.1219, pp.62-73, 1997