分散型 e-Learning システムの運用とその評価

早川 匡史*，東野 正幸，高橋 健一，川村 尚生，菅原 一孔
（鳥取大学大学院 工学研究科 情報エレクトロニクス専攻）

1. はじめに

インターネットの普及を背景に，それを用いた Web Based-Training と呼ばれる e-Learning システムが増えてきている．一般的な e-Learning システムはクライアントサーバモデルで実装されている．クライアントサーバモデルはリソースの管理や実装の容易さの点で優れているが，一方で拡張性に乏しく，クライアント数の増加によりサーバへの負担が増え，処理速度の低下や過負荷によるシステムダウンが問題となる．そこで我々はP2P型の分散型e-Learningシステム[(1)]を開発している．

本システムはモバイルエージェントを用いて実装している．モバイルエージェントとはネットワークで接続された計算機間を移動できる自律的なプログラムである．これによりシステム内にサーバを配置することなくシステムの運用が可能となる．本論文では実際に本システムを稼働，運用し，クライアントサーバモデルに対する負荷分散の比較実験方法について述べる．

2. 分散型 e-Learning システム

本システムでは問題の作成と管理を行う教師と，問題の解答を行う学習者を利用者として想定する．図 1 に示すように，教師が問題を作成しシステムにそれを登録する．学習者はログイン後，登録されている問題を取得し，それに対して解答を行う．問題に解答を行うと学習者がどの程度の理解度（得点）であったかを記録した学習履歴が保存される．システムを構成する計算機は利用者の計算機の集合であり，これらの計算機が P2P ネットワークを構築する．この P2P ネットワーク上に作成した問題が分散配置される．

3. 分散型 e-Learning システムの設計と実装

教師が作成する問題文は本システムではエクササイズエージェント（EA）として実装する．EA は問題文だけでなく，出題機能や採点機能を持つ．EA は「数学/一変数の微分」のように，「カテゴリ名/科目名」の形で自身が保持する問題の分野を表現する．また EA は学習履歴を自身に内包し，学習が行われるたびにそれを更新する．同じカテゴリに属する EA はカテゴリエージェント（CA）が管理する．CA は前述の例だと，「数学/一変数の微分」，「数学/一変数の積分」，「数学/テイラー展開」などの同じカテゴリに属する EA を管理する．

教師や，学習者の情報を管理するためにユーザエージェント（UA）を実装する．教師の UA は自分が作成した問題の一覧を管理する．学習者の UA は受講している問題の一

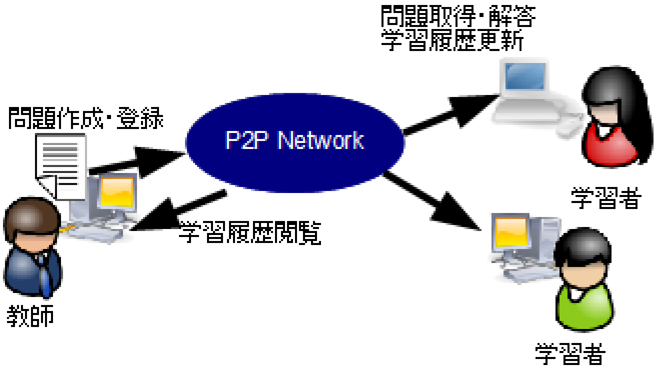

図 1　提案システムの利用

覧を保持する．学習者が EA を取得するとき，その取得情報を学習履歴として自身の UA に記録する． EA に対する CA 同様，同じグループに属する UA はグループエージェント（GA）が管理する．ログイン・ログアウト等の認証は，GA を経由して該当するユーザ名の UA へと伝搬される．

問題の作成とシステムへの登録は，専用の教師用インタフェースで行う．問題の取得と解答は学習者用インタフェースで行う．これらのインタフェースと他のエージェントとの通信を実現するため，インタフェースエージェント (IA) を実装する．IA は教師用インタフェースや学習者用インタフェースからのメッセージを他のエージェントに向けて中継する機能や，また他のエージェントからの返答をそれぞれのインタフェースへ中継する機能を持つ．EA の取得は IA を経由して送信されたメッセージが，取得したいカテゴリ名の CA を経由し，該当する EA へ伝搬されることで実現される．

本システムではそれぞれのエージェントは分散配置される．しかし P2P ネットワークにおいて，どの計算機にどのコンテンツが配置されているかはわからない．このため，本システムでは分散ハッシュテーブル（DHT）の 1 つである Content Addressable Network[(2)]を用いて効率的なコンテンツの分散管理を実現する．本システムでは（key, value）の組を格納する二次元直交座標空間を利用し，その領域を分割し各領域を，システムを構成する計算機で分割する．この領域情報と各計算機間のメッセージ通信はノードエージェント (NA) が行う．NA は自身に割り当てられた領域と，その領域内に存在する CA や GA の管理を行う．それぞれのエージェントがシステム内でどのように動作しているかを模式した概念図を図 2 に示す．

コンテンツの管理には一定のメモリ領域が必要であり，

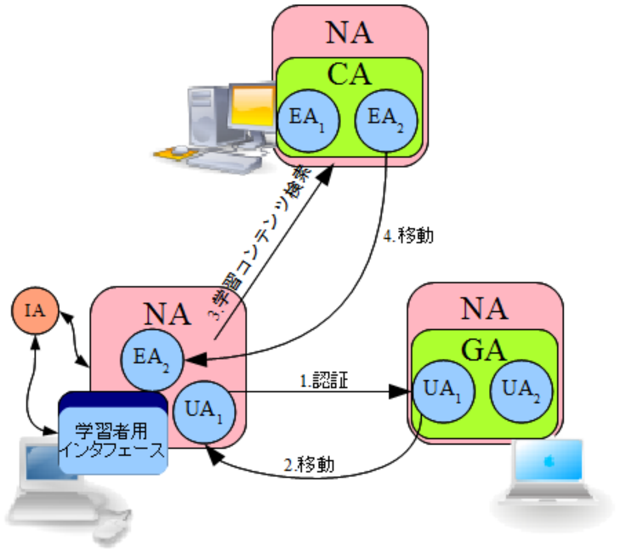

図 2　エージェントの管理と動作

その提供には一定のネットワーク帯域が必要である．要件を満たさない環境を持つ計算機が DHT 上の一部の領域を管理した場合，システム全体のパフォーマンスが低下する．そこで要件を満たさない環境でもシステムの利用が可能なように，以下に示す利用形態を用意する．

利用形態1.　エージェントの実行環境とコンテンツの管理を行う

利用形態2.　エージェントの実行環境のみを持ちコンテンツの管理は行わない

利用形態3.　エージェントの実況環境を持たずコンテンツの管理も行わない

1 つ目の利用形態では DHT 上の領域が割り当てられる，つまり NA とその領域内に存在する GA，CA，EA，UA の管理と提供を行う．2 つ目の利用形態では DHT 上の領域を持たない NA が存在し，IA からのメッセージを他の NA にルーティングする．また取得したエージェントは利用者の手元の実行環境で実行される．3 つ目の利用形態では管理用域を持たないため，IA は利用者のユーザ名を key としこれを value に変換した座標を含む領域を管理する計算機内に生成される．そして取得した UA や EA は IA が生成された計算機内で実行される．

4.　実装

本システムを構成する全てのエージェントを本研究室で開発しているモバイルエージェントフレームワーク Maglog[3][4]で実装した．Maglog はエージェント間の通信にフィールドと呼ばれる仮想空間を用いており，全てのエージェントはフィールドにメッセージを書き出し，またフィールドを監視し自身宛のメッセージがある場合はそれを読み取り，メッセージ内の手続きを実行する．

5.　比較実験

クライアントサーバモデルの集中型と，本システムのネットワークモデルである P2P モデルの分散型とで本システムを運用し，リソースの消費具合で負荷分散がなされているかどうかを比較し評価する．分散型の実験は図 3 に示すようにコンテンツの管理を行う計算機を複数台（クラスタ群）用意し，コンテンツの管理は全てそのクラスタ群で行う．学習者は利用形態 2 でシステムに参加し，問題の取得，解答を行う．集中型の実験はクラスタ群については図 3 と同様とし，学習者用の計算機は，利用形態 3 とする．つまり学習者はクラスタ群の計算機に対して Web ブラウザから直接アクセスを行い，問題の取得と解答を行う．エージェント実行環境を持たない利用形態では，全てのエージェントはクラスタ群内でのみ実行されるため，集中型とみなすことが可能である．これら 2 種での状態を負荷分散の点で比較する．

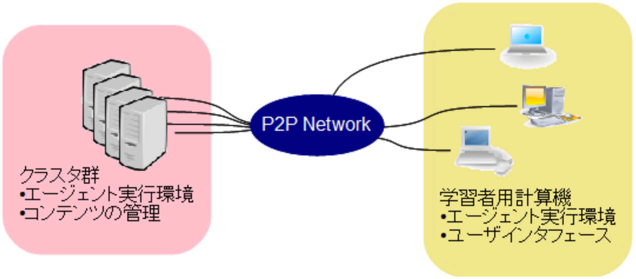

図 3　実験環境

6.　おわりに

本論文では，クライアントサーバモデルでの欠点となる負荷集中を避けるため，P2P ネットワークを適用した分散型 e-Learning システムについて述べた．また，本システムを稼動させ，学習者が計算機にエージェント実行環境を持たせた状態で学習を行う分散型と，計算機にエージェント実行環境を持たせない状態で学習を行う集中型の実験環境について述べた．今後の課題として同環境で負荷について計測し，その比較結果を示すことが挙げられる．

文　献

(1) 川村尚生，菅原一孔：モバイルエージェントに基づく P2P 型 e-Learning システム，情報処理学会論文誌, Vol. 46, No. 1, pp. 222-225 (2005)

(2) Sylvia Ratnasamy, Paul Francis, Mark Handley, Richard Karp, and Scott Shenker：A Scalable Content-Addressable Netwrok，Proceedings of the ACM SIGCOMM 2001 Technical Conference，ACM SIGOMM，pp. 161-172 (2001)

(3) Shinichi Motomura, Takao Kawamura, and Kazunori Sugahara：Logic-Based Mobile Agent Framework with a Concept of “Field”，IPSJ Journal, Vol.47, No.4,　pp. 1230-1238 (2006)

(4) Shinichi Motomura, Takao Kawamura, and Kazunori Sugahara：Persistency for Java-based Mobile Agent Systems, Proceedings of the Third International Conference on Internet and Web Applications and Services, pp. 470-475 (2008)