

JXTA ベース P2P E-Learning システムのための SmartBox の実装と評価

松尾 慶太[†], コリッチ ブラディ^{‡‡}, バロリ レオナルド[‡], ジャファ ファトス^{‡‡},
小山 明夫^{‡‡}, ドウルシ アルヤン^{‡‡},

[†] 福岡工業大学大学院工学研究科知能情報工学専攻 ^{‡‡} ティラナ工科大学

[‡] 福岡工業大学情報工学部情報通信工学科 ^{‡‡} カタロニア工科大学

^{‡‡} 山形大学工学部情報工学科 ^{‡‡} インディアナ大学プルドウエ大学

あらまし 近年では P2P システムに関する多くの研究がなされ、重要な成果も報告されている。P2P システムはその技術的な特徴から設計や実装において新しい分野を生み出している。また、e-learning システムの研究では BlackBoard などに代表されるように、教育コンテンツをオンライン化して多くのユーザを対象に Web で教育を提供している組織も増加している。このような進展により学習者はいつでもどこでも質の高いコンテンツで教育を受けることができるようになった。しかし、学習者が e-learning を活用して学習コースを最後までやり遂げることは集中力や意欲が持続しないため難しい状況にある。学習コースを達成するためにはユーザの学習に対する集中力や意欲の持続が必要である。本研究では、P2P プロトコルをベースに開発した JXTA-Overlay システムを実装し、e-learning 学習者の状態を人感センサーで常時モニタリングし、状況に合わせて P2P システムによりインターネットからローカルエリアネットワーク内の学習者に対して集中力を継続するための刺激（光、匂い、音など）を与える環境を提供できる SmartBox を製作した。また、学習者が集中力を低下させている状態を「体の動き」から判断できたとともに、学習者の集中力低下のレベルに応じた刺激を与える実験を行った。その結果、SmartBox から学習者へ刺激を与えることで集中力を維持することができた。

Implementation and Evolution of SmartBox for a JXTA-based P2P E-Learning System

Keita Matsuo[†], Vladi Kolici^{‡‡}, Leonard Barolli[‡], Fatos Xhafa^{‡‡}, Akio Koyama^{‡‡}, Arjan Duresi^{‡‡}

[†] Graduate School of Engineering, Fukuoka Institute of Technology (FIT)

E-mail: bd07002@bene.fit.ac.jp

^{‡‡} Department of Electronics, Polytechnic University of Tirana

E-mail: ladi@bis-al.com

[‡] Department of Information and Communication Engineering, FIT

E-mail: barolli@fit.ac.jp

^{‡‡} Department of Languages and Informatics Systems, Polytechnic University of Catalonia

E-mail: fatos@lsi.upc.edu

^{‡‡} Department of Informatics, Yamagata University

E-mail: akoyama@eie.yz.yamagata-u.ac.jp

^{‡‡} Department of Computer and Information Science Indiana University Perdue University Indianapolis

E-mail: duresi@cs.iupui.edu

Abstract Presently, there are many reserach works for P2P systems and many P2P applications are appearing. Also, a lot of e-learning systems such as BlackBoard are implemented and used in real Web environments. By using these e-learning systems, the learners can access the on-line contents at anytime and anywhere. However, in the present e-learning systems the learner's concentration and motivation is low. In this paper, we present the implementation of a JXTA-based P2P system called JXTA-Overlay and the SmartBox environment. The JXTA-Overlay is used to control the SmartBox, which is an end-device used for stimulating learner's motivation. The proposed system is able to get the learner's study situation by using body sensors and then take the appropriate actions. In order to evaluate the effects of SmartBox on learner's stimulation, we carried out many experiments and showed that proposed system has a good behavior.

1 はじめに

近年では P2P システムに関する多くの研究がなされ、ファイル共有や分散処理などに関する重要な成果が報告されている。さらに、P2P システムはその技術的な特徴から設計や実装において新しい分野を生み出している。また、e-learning システムの研究では BlackBoard¹⁾ などに代表されるように、教育コンテンツをオンライン化して多くのユーザを対象に Web で教育を提供している組織も増加している。このような進展により学習者はいつでもどこでも質の高いコンテンツで教育を受けることができるようになった。一方、ネットワークを支える関連の装置や技術も発展してきた。代表的なものに、Repeaters や Routers, Bridges などがある。これらのネットワーク関連装置の役割は、信号の転送距離を延長したり、通信経路の制御をしたり MAC アドレスに従ってデータを中継し効率よく通信を行なうことなどである。このようなネットワーク関連装置の進化は、ネットワークの接続性を保つために広く活用されてきた。しかし、インターネットに代表されるような、大規模なネットワークへの接続が進むにつれ、接続性を保つ機器の利用は接続を制限する使い方へと変化していった。ネットワークの接続を制御する機能で最も有効なものに Firewalls がある。Firewalls は、信頼できるネットワーク（自分側のプライベートネットワーク）と信頼できないネットワーク（インターネットのような不特定多数の利用者が存在するパブリックネットワーク）間でやり取りされるパケット信号を監視し、予め決められたルール通りに信号を通過させたり、遮断したりする。このネットワークのルールは、各組織のネットワーク毎にセキュリティポリシーとして規定されており、簡単には変更できないようになっている。このようなネットワークの運用は、多くの閉鎖的で小さなネットワークを生成する結果となった。特に、市町村毎に構築された地域イントラネット²⁾ に接続される学校や図書館などの教育施設では、地域外ネットワークからのサービスを受けられない状況も発生している。そこで、我々は組織のネットワークに関するセキュリティポリシーを変更せず、容易に特定の端末同士を結びつけることができる P2P システムに着目し、イントラネット内の端末へサービスを提供できるシステムを提案した。図 1 に Firewall を越える通信方法を示す。また、ネットワークデバイスを制御し e-learning ユーザが学習に対する集中力や意欲を持続させることができるシステムを構築し評価を

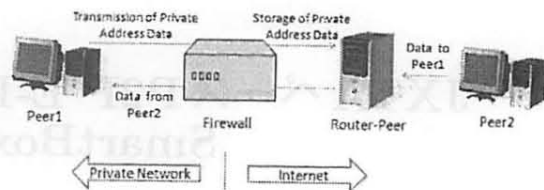


図 1 Firewall を越える通信方法

行った。以下、2 章では関連研究について述べる。3 章で JXTA-Overlay について紹介し、4 章では P2P 遠隔教育システムについて提案するとともに、5 章で SmartBox による実験結果について説明し、6 章でまとめ及び今後の課題について述べる。

2 関連研究

近年のプロトコルには 2 つの流れがある。一つは現在のインターネットに代表される TCP や IP プロトコル、もう一つは P2P プロトコルである。最近、P2P システムはその技術的な特徴からシステム設計や実装において新しい分野を生み出している。代表的なものに GNUtella³⁾ や Napster⁴⁾ があるが、これらのソースコードはいずれも非公開である。一方、Sun Microsystems が提唱する JXTA⁵⁾ は現在の TCP/IP ベースの限界を超えて、インターネットの及ぶ範囲を拡大することを目的に開発された P2P プロトコルであり、オープンソースとして公開されている。JXTA は、現在多くの研究がスタートしている。とりわけ、インターネット上にある様々な資源を P2P システムで共有し、有効に利用しようとする研究が中心である。例えば、世界中に点在する Peer(端末)を組織的にまとめあげる Grid Application(並列分散システム)⁶⁾ としての応用や P2P を運用する際のインターネット上におけるアドレスの処理に関する研究、資源の割り当て方法に関する研究がある。これらに共通していることは、世界中に分散する Peer を組織的に運用し資源の有効活用を目指すというものである。また、e-learning に目を向けてみると Blackboard では、NLE (Networked Learning Environment) を推進し、従来から各教育機関が持っていた教育コンテンツをオンライン化して多くのユーザを対象に Web で教育を提供している組織も増加している。このような進展により学習者は質の高いコンテンツで教育を受けることができるようになった。しかし、学習者が e-learning の学習コースを達成することは非常に困難であり、自立して学習を進めるにはユーザの学習に対する集中力の持続が必要である。

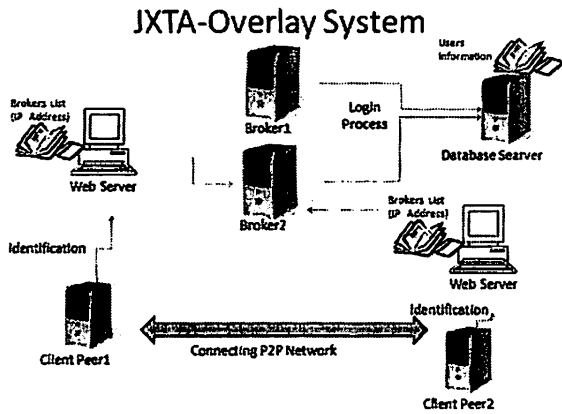


図 2 JXTA-Overlay のシステム構成

3 JXTA-Overlay

従来の TCP/IP プロトコルでは NAT やファイヤウォールの存在によりインターネットからプライベートネットワーク内の学習者の端末を特定し制御信号を送ることは困難である。しかし、サービスを提供する e-learning システムはインターネット上に存在するためプライベートネットワーク内に存在する学習者をインターネット側から特定してデバイスの制御信号を直接送る必要がある。この問題を解決するために P2P プロトコルである JXTA を採用した。P2P プロトコルはファイヤウォールや NAT を越えて目的の学習者の端末へ制御信号を転送することができる (図 1 参照)。さらに我々は、JXTA のセキュリティ向上と P2P アプリケーションの開発を支援するために JXTA-Overlay を開発している。JXTA-Overlay を稼働させるには、Broker が必要である。Broker は Peer (端末) のグループ管理やユーザ認証を行うとともに Peer 同士を結びつけるための役割を持っている。また、Rendezvous-Peer と呼ぶ他の Peer の位置情報を記録する端末も必要である。図 2 の例では Client Peer1 と Client Peer2 の P2P 通信を行うための構成とプロセスを示している。ここでは、Peer1 が他の Peer と通信を開始するために Broker と呼ばれる端末によってユーザ認証を受ける必要がある。我々が開発している JXTA-Overlay の最大のメリットは P2P アプリケーションの開発を支援することに加え、通信する相手を認証することで高いセキュリティを保ちながら P2P 通信網を運用できる点である。

4 JXTA-Overlay による P2P 遠隔教育システム

4.1 e-learning

e-learning は、学習者を時間的空間的に拘束することがないので、学習者のペースで学習を進めること

ができるという利点がある。また、“いつでも”、“どこでも” 利用できるという特徴を持っている。実際に様々な場所で積極的に活用されている e-learning システムであるが、e-learning の完了率は約 30 パーセントと言われており、一般的に低い⁷⁾ 現状がある。その原因の一つとして、学習を進めていく過程で集中力が低下し学習意欲を失うことが挙げられる。そこで、我々は e-learning の完了率を向上させるため、直接的になんらかの刺激を学習者に与え学習意欲を維持する新しい機能を実装することで e-learning の完了率を高めることを目的としたシステムを提案する。

4.2 提案システム

現在の e-learning を支えるネットワークの環境は Firewalls や Routers, Bridges 及び NATs 機能などにより外部からのアクセスに対して強固なセキュリティが施されており、インターネットを通じて学習者の利用するコンピュータに直接刺激を与えるための制御信号を転送することは、困難な状況である。そこで、我々は JXTA-Overlay による P2P 遠隔教育システムを提案した。具体的には、制御信号の転送に P2P ネットワークを利用することで Firewalls や Routers, Bridges 及び NATs を制御信号が越えることができ、学習者のコンピュータに制御信号を転送できるシステムである。提案するシステムは学習者の状況をボディセンサ (Body Sensor) で常に測定し、学習者の意欲低下を自動的にコンピュータが診断する。学習者の意欲低下の度合いに応じて e-learning システムは次のような刺激を与える。

- ・ 学習者の椅子を振動させる
- ・ 匂いを出す
- ・ スピーカから音楽を鳴らす
- ・ 部屋の照明の明るさを変化させる

学習意欲を持続させるために、このような刺激を学習者に与えるが、与える判断は学習者の動きを検出するボディセンサからの信号をもとに e-learning を管理するコンピュータが自動的に行う。このような機能により学習者の意欲を持続させることができる。また、e-learning の大きな特徴の一つである場所を選ばないというメリットを失わず学習者の「体の動き」を検出し刺激を与えることができる手法について検討した結果、SmartBox という考えに行き着いた。SmartBox とは、e-learning を利用する学習者



図 3 小型化した SmartBox(前) 従来の Smart-Box(後)

の机上に生体センサや物理的な刺激を与える機能を実装した小型の箱型装置を設置することにより簡易に学習者を刺激することができる環境を実現するものである。我々は、この SmartBox 装置を製作した。

4.3 SmartBox

最初に製作した SmartBox (幅 50cm × 高 10cm × 奥行 15cm) を図 3 後に示す, この SmartBox を用いて学習者の「体の動き」を計測し集中度との関係について実験を行った。実験をさらに深めるためには, SmartBox を学習者の家や研究室以外の部屋に設置する必要がでてきたため, SmartBox を小型化し容易に移動させることができるように改良した(図 3 前参照)。改良には, 各電気回路をコンパクトに設計・製作したため, 幅 32cm × 高 6cm × 奥行 12cm (容積で約 2/7) に小型化することができた。その結果, 運搬しやすくなり狭い机にも配置して使用することが可能となった。SmartBox には図 4 に示すように幾つかの物理的な刺激を与える機能と学習者の「体の動き」を検出するためのボディセンサを搭載した。本装置では, ボディセンサによって学習者の「体の動き」を検出し, その情報をもとに, 刺激を与える各機能が動作する。図 5 に SmartBox による e-learning システムのイメージを示す。

5 SmartBox による実験結果

5.1 学習者への刺激の与え方について

我々は, 開発した SmartBox を用いて, 学習者に対して効果的な刺激の与え方を追求するために実験を行った。また, SmartBox が持つ各機能の効果を確認するため, 今回は, SmartBox のボディセンサを使用して学習者の「体の動き」を検出し, その検出時間に合わせて次の 3 つの機能を動作させた。

- Smell (香り) 機能
- Light (高輝度 LED) 機能
- Sound(電子メロディ) 機能

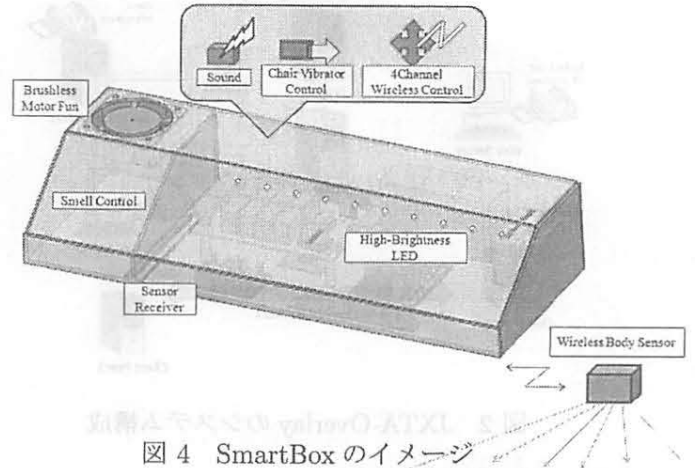


図 4 SmartBox のイメージ

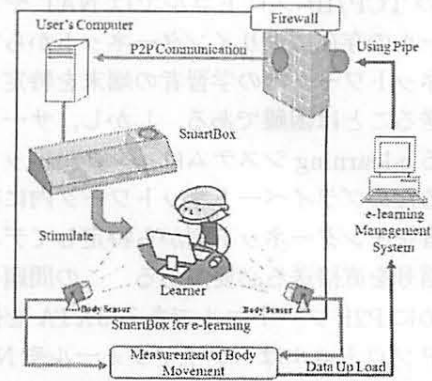


図 5 SmartBox による e-learning システム

測定した結果を図 6 に示す。学習者は 20 秒以内に何らかの手や体の動きを頻繁に行っていることがわかった。(「体の動き」の測定は, 2 人の学習者を対象に 10 秒毎に検出した。計測時間は延べ 40 時間である。) また, 学習者は 30 秒付近を境に手や体の動きが極端に減少しており, 体や手がほとんど動かなくなる。この, 原因は学習者の意欲や集中度が低下し学習活動が停滞しているからだと考える。図 7 は, ボディセンサ反応時間の出現間隔を調べた結果である (Average Response Time = 総学習時間 / 反応間隔の出現回数)。このグラフより 30s - 40s (Response Range Middle Value は 35s) でセンサが反応する出現間隔を多項式近似法により求めてみると 23.5 分である。この結果は心理学者ヨスト (Paul Edward Yost :1919-2007 America) が唱える集中度 20 分説とほぼ一致する。

そこで, 我々はこの 30 秒付近に学習者に対して何らかの刺激を与えると効果的であると考えた。我々は, 約 20 分間学習者の活動を検出できない場合 (センサの検出間隔が 30s-40s になったとき) は学習者に図 8 のフローチャートに従って刺激を与えるようにした。具体的には, 学習者の「体の動き」を 10 秒

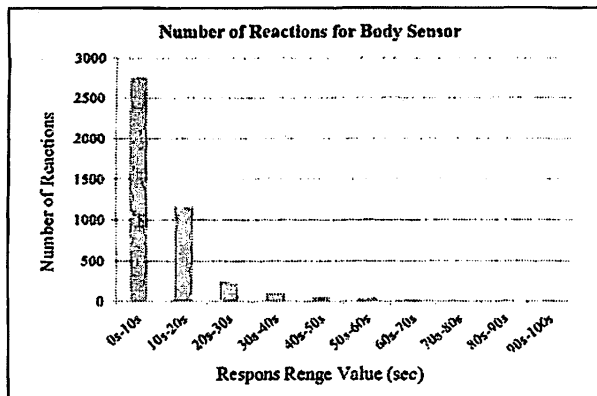


図 6 学習時におけるボディセンサの反応回数

以内に検出できたときは、学習者の好む匂いを発し続け、30秒間学習者の「体の動き」が検出できない場合は高輝度LED (2.5cd × 10) による照明で学習者へ刺激を与えた。さらに、40秒間学習者の「体の動き」が検出されない場合は、電子メロディによる音の刺激を10秒間程度与えることとした。

5.2 学習時における学習者の「体の動き」と集中力

図9と図10は学生が学習をしているときの「体の動き」を測定したものである。図9は刺激機能を有効にした場合の学習者の「体の動き」を示したグラフである。図10は同じ学習者に対して刺激機能を無効にした時のグラフである。図10は学習開始後20分程度で学習者が集中できずに完全に睡眠状態に陥った時のグラフである。図9に比べほとんど「体の動き」がないことがわかる。図9は学習開始時点と1時間を過ぎた辺りから「体の動き」の間隔が長くなってきていることがわかる。特に、1時間後以降の「体の動き」は少なくなっており学習者が集中力を失い学習活動が停滞していることを示している。

5.3 SmartBoxによる学習支援の効果

我々は、学習者に対してSmartBoxによる刺激機能を使った場合とそうでない場合の比較を行った。学習者は大学生や高校生など延べ15名を対象に実験を行った。同じ学習者にSmartBoxを使用した場合と使用しない場合でそれぞれ約1時間づつ学習させたときの「体の動き」を測定した。その時の学習者の「体の動き」の平均値を図11に示す。SmartBoxを使った場合も使わない場合も学習開始から25分程度はよく集中できているが、使用していない場合は25分過ぎに大きく一度集中力を失っている。また、

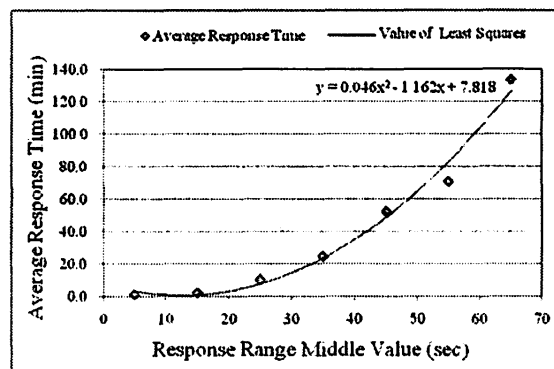


図 7 学習者の体が動く頻度

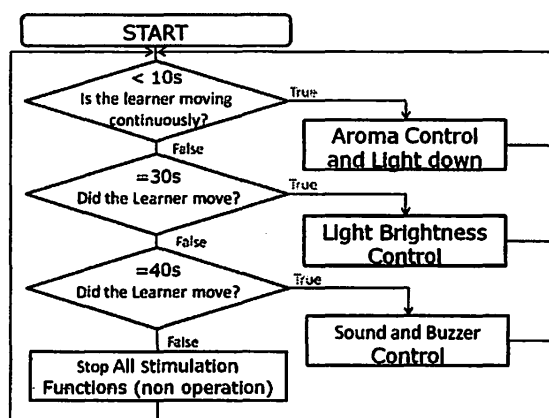


図 8 SmartBox の動作フローチャート

使用していない場合30分後あたりで集中力をとりもどしているが40分後以降、「体の動き」が減少し集中力が低下していると判断できる。一方、SmartBoxを使った場合、40分程度継続して集中力を保ったまま学習活動を行うことができた。また、40分以降に一度センサの反応間隔が40秒に近づいているが30秒でLEDによる照明機能、40秒でSound機能により刺激を学習者に与えているため、学習者の「体の動き」の最大値が平均で40秒以内に収まっている。このことは、我々が設定した刺激を与えるタイミングと一致しており学習者にとって集中力を維持するために有効に作用したと考えられる。

6 結論と今後の課題

本稿では、JXTA-Overlay P2Pシステムによるe-learningのためのSmartBoxの実装と評価について報告した。提案するP2PシステムはネットワークのFirewalls, Routers, Bridges及びNATsなどを越えることができ、SmartBoxが持つデバイスを動

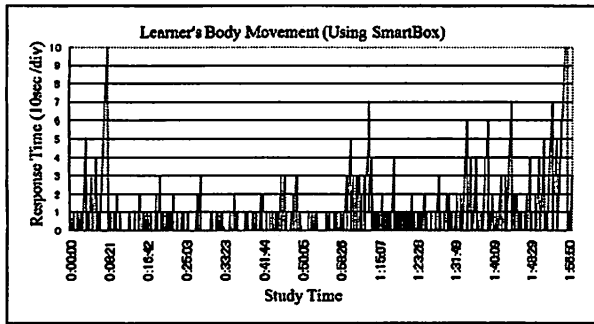


図 9 SmartBox により刺激を与えながら学習したときの「体の動き」

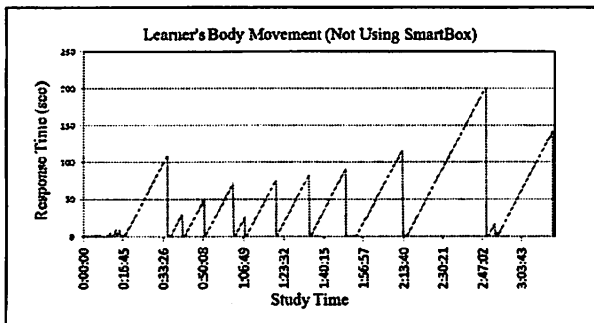


図 10 居眠りをしているときの「体の動き」

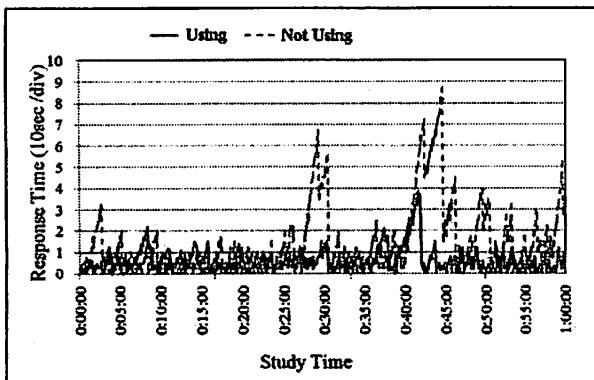


図 11 SmartBox の刺激機能を使った場合と使わなかった場合の「体の動き」

作させるための制御信号を転送することが可能である。この JXTA-Overlay P2P システムにより、学習中に集中力が低下したり寝てしまったと思われる学習者に対して、直接的な刺激を与える機能を追加し集中力を持続させ、学習を進めるように促すシステムを実現した。これは、学習者の状態をより詳しく見守り学習活動を支援する機能を提案している。このように学習者に対して直接的に刺激を与えるシステムは、従来の e-learning では実現されていなかった。

た。我々の提案するシステムにより学習中の学習者の状況を見守り状況に合わせた刺激を学習者に与えることができる新しい e-learning サービスを提供することができた。これらのサービスは現在約 30 パーセント（通信教育では 5 パーセント、放送を利用する大学などの遠隔教育では 24.6 パーセント）程度といわれている e-learning の達成率を向上させることができると考える。

今後は、SmartBox をさらに複数台製作し、より多くの被験者を対象に実験し、効果的な刺激の与え方について刺激の方法や刺激を与える時間などの組み合わせを検討し刺激方法を追求して行く。また、現在の大きな課題は学習者の「体の動き」と学習量や学習効果について客観的に数値化する方法について検討することである。今後は、学習者を小学生から大人まで幅広く対象とし、より客観性があるデータ収集ができるように学習内容や素材を熟慮し実験していく。

参考文献

- 1) Blackboard and WebCT, <http://www.blackboard.com/webct>.
- 2) 地域イントラネット基盤施設整備事業, 総務省, <http://www.soumu.go.jp/s-news/2005/050615-1.html>
- 3) GNUtella, <http://rfc-gnutella.sourceforge.net/index.html>
- 4) Napster, <http://www.napster.com/choose/index-default.html>
- 5) Sun Microsystems, JXTA Java Standard Edition v2.5: Programmers Guide, June 2007.
- 6) S. Caballe, F. Xhafa, T. Daradoumis, J. Esteve, L. Barolli, A. Durresi, "Using a Grid Platform for Enabling Real Time User Modeling in On-line Campus", Proc. of Complex, Intelligent and Software Intensive System (CISIS-2007), pp. 5-42, April 2007.
- 7) L. Barolli, A. Koyama, A. Durresi, G. De Marco, "A Web-based E-learning System for Increasing Study Efficiency by Stimulating Learner Motivation", Journal of Information Systems Frontiers, Springer Publishers, Vol. 8, No. 4, pp. 297-306, September 2006.