

ユビキタス・モバイル技術と協調学習環境

Computer Supported Collaborative Learning Using Ubiquitous and Mobile Technologies

緒方 広明†
Hiroaki Ogata

矢野 米雄†
Yoneo Yano

1. まえがき

近年、ワイヤレス通信やコンピュータデバイスなど用いて、いつでもどこでも情報にアクセスできる、ユビキタスコンピューティング(Ubiquitous Computing)[1,13,22]が注目されている。具体的には、PDAなどの携帯情報端末をもちいて、大学やオフィスはもちろん、家庭や駅、空港などでもワイヤレス通信を用いて情報にアクセスできるようになってきている。また、インターネット家電やRFIDタグが付いた商品のように身の回りのモノとの情報交換も可能になりつつある。

そこで、本論文では、このようなユビキタスコンピューティング環境において、学習者一人一人にあった形で日常的な学びを支援するユビキタス協調学習環境を提案する。特に、学習者中心のデザインに立ち、いつでもどこでも利用できる学習環境 ATAPL(Any Time and Any Place Learning)を提供するだけでなく、適切な場所で適切な時に適切な情報を提供する学習支援環境 RTRPL(Right Time and Right Place Learning)[6]を目指す。

また、本論文では、ユビキタス協調学習環境の学習ドメインの一つとして語学学習をとりあげる。言語学習は、教室内での授業や辞書を用いた学習だけでなく、日常生活を送る中で獲得される部分も大きいとされている。そこで本稿では、そのプロトタイプシステムとして、PDAを用いたユビキタス語学学習支援環境、CLUE(Collaborative Learning support system in Ubiquitous Computing Environments)[14-19]について述べる。

2. ユビキタスラーニング環境

まず、ユビキタス学習環境(CSUL: Computer Supported Ubiquitous Learning)の特徴を明確にするために、[8]を元に、従来のデスクトップコンピュータを用いた学習環境(DCAL: Desk-top Computer Assisted Learning)と、Pervasive学習環境(CSPL: Computer Supported Pervasive Learning)、モバイル学習環境(CSML: Computer Supported Mobile Learning)の分類を示す。

図1の縦軸はユーザの周囲の学習環境に計算機器デバイスが埋め込まれているかどうか、を示す。また、横軸は学習者が移動してもどこでも学習環境を利用できるか

どうか、を示す。ここで、DCALは、移動性が低く、システムの利用が時間的場所に限られる。

一方、CSMLでは、時間と場所の制約を受けずに、常時、学習活動を支援する。また、CSPLでは、学習者の周囲の環境にあるオブジェクトと互いに連携しながら、学習活動を支援する環境を意味する。

一方、本論文で提案するユビキタス学習環境(CSUL)は、計算機器が環境に埋め込まれており、それらが互いに連携して学習活動を支援でき、かつ、学習者が移動しても常時学習が行える学習環境である。しかし、これは狭義の定義であり、広義に、CSPL、CSMLも含めてCSULと捉えられることもある。

Level of embeddedness	high	CSPL Computer Supported Pervasive Learning	CSUL Computer Supported Ubiquitous Learning
	low	DCAL Desktop-Computer Assisted Learning	CSML Computer Supported Mobile Learning
		low	high
		Level of mobility	

図1: 学習環境の分類([8]に基づく)

2.1 CSULの特徴

図1はシステムの機能的な側面からみた分類であるが、次に、学習者の側からみたユビキタス学習環境の特徴を以下に示す[3,5]。

- (1) 学習環境の常設性(Permanency): 各学習者が日頃使い慣れた学習環境をいつでもどこでも利用できる。これにより、日常生活での学習において、日々学習した知識や経験を蓄積していくことができる。
- (2) 学習ニーズに対する即時性(Immediacy): ユビキタス学習環境では、いつでもどこでも時間・場所にとらわれることなく、学習が必要な時に十分な学習が行え、学習の要求と行動との間のタイムラグが小さい。
- (3) 学習時の接続性(Accessibility): 電子メールや掲示板、ビデオなどを用いて、学習者はいつでもどこでも、Webなどの教材にアクセスしたり、教師や専門家と同期・非同期にコミュニケーションできる。また、学習者同士で協調学習も行える。

- (4) 学習効果の実用性(Practicality) : 仮想空間に限らず、現実世界での出来事が学習の機会につながる。また、学習したことが現実世界の問題解決につながる。
- (5) 学習活動の状況性(Situated-ness) : 学習活動が、現実世界の日常生活における、ある状況に埋め込まれる。つまり、ユビキタス学習環境では、学習者がその状況下にいることで、問題の理解やそれに関連する知識の獲得が促進される。

2.2 CSUL の学習理論

本論文で提案するユビキタス学習環境を支える学習理論として、authentic learning (以下 AL と略す)がある[2]。AL は、学習者が実生活の中で体験や経験を通じて、知識や能力を習得していくアプローチである。具体的には AL には以下の3つある[7,10]。

- (1) 活動に基づく学習(action learning):学習者が自発的に実践すること(Learning by doing)によって学ぶ場合である。
- (2) 状況に基づく学習(situated learning):学習者がある状況で活動し、実践共同体[11]に関与していくことにより、学ぶ場合である。
- (3) 偶発的な学習(incidental learning):学習者が偶然直面した問題への解決や体験を通じて学ぶ場合である。

本論文で対象とする語学学習においては、AL は効果的である。特に、単語の語彙学習においては、辞書や教科書を用いた学習だけでなく、日常生活の中で学習することが重要であることが、報告されている[12]。日常生活の中での語学学習は、ユビキタスコンピューティング技術の利用による支援が期待される。

2.3 携帯端末を用いた学習環境の特徴

現在の技術を用いてユビキタス学習環境を構築するには、PDA や携帯電話などの携帯情報端末を用いることが現実的である。そこでこれらの端末の特徴を以下に示す。

- (1) portal : 携帯が容易である。
- (2) low-cost : 値段が比較的安い。
- (3) slow CPU and small memory : CPU の処理速度が遅く、メモリ容量も小さい。
- (4) personal : 1人1台ずつ持っている。
- (5) connected : インターネット接続や相互接続が可能である。
- (6) multi-purpose : いろいろな用途に利用できる。

これら(1)~(6)の特徴に対応させて、携帯端末を用いた学習環境の特徴を以下に示す。

- (1) persistent:携帯が容易なのでいつでもどこでも学習でき、生涯にわたり学習記録をとることができる。

- (2) feasible:値段が比較的安いので、1人に1台のコンピュータ環境の実現が容易である。
- (3) simple : CPU やメモリの制約から、シンプルな学習環境であることが望ましい。
- (4) adaptive : 一人に1台所有しているので学習者個人に適応した学習環境である。
- (5) collaborative : 学習者同士が互いに接続して、協調学習が可能である。
- (6) Learning-aware : 様々な学習目的に適した支援が可能である。

2.4 関連研究

携帯端末を用いて、国内外で行われている関連研究は、以下のように、大きくわけて授業で用いる場合と、授業外で用いる場合に分けることができる。

(1) 授業内での利用

小中学校の授業に1年間 PDA を取り入れて実験した結果、PDA を用いることにより、より効果的な協調学習を生み、学習への取り込みを促進し、学習者の自主性を向上させたことが報告されている[21]。また、72%の教師が PDA の利用が生徒の学習に良い影響を与えたとしている。一方、短所として、赤外線通信によるデータの同期方法や、文字の入力方法の問題点などを指摘している。授業内で用いる PDA 上のシステムは以下のように分類される[20]。

- (a) クラス応答システム(Classroom response systems) : 授業中、教師が学習者に選択肢形式などの質問を行い、学習者は Handheld device を用いて解答を送る。システムは瞬時に回答結果を教師に提示する。例えば、ClassTalk [<http://www.bedu.com/>]というシステムが開発されている。
- (b) 参加型シミュレーション(Participatory Simulations) : PDA を持った各学習者が互いに動き回り、出会った時に赤外線通信などでデータを交換しながらシミュレーションを行うものである。例えば、蟻が群がる様子、交通渋滞、鳥の群れのシミュレーションを Thinking Tag で行うシステムが開発されている[4]。
- (c) 協同データ収集(Collaborative data gathering) : ユビキタス学習環境の大きな特徴は、従来教室の中で行われていた授業を拡張して、教室の外で実際のモノに触れたり行動を観察しながら学べる環境が容易に構築できることである。その一例として、野鳥観察をテーマにした研究がある[3]。これは、遠隔にいる教師やデータベースにアクセスして、学習者が観察した野鳥に関する知識の習得を目指すものである。また、モバイル端末を利用して、環境学習を支援するシステムも提案されている。これらは、環境や野鳥を通じて、現状を検

証するという意味で、プローブウェア“provueware”と呼ばれる。

- (d) その他：ミシガン大学では PDA 上で動作する学習支援システムをいくつか開発している。例えば、PiCo-Map[5]は、あるテーマをもとに学習者一人一人が概念マップを作成し、赤外線通信を用いて、それぞれのマップを交換・共有し、お互いに相違点などを議論することを支援する。PDA を用いることにより、学習者間のインタラクションが増加することを報告している。
- (2) 博物館や美術館などでの授業外での利用

PDA などの携帯情報端末と RFID タグを用いたモバイル学習環境の研究が近年活発に行われている。例えば、博物館で来訪者に PDA を配り、展示品の情報を提供するシステムがいくつか提案されている[9,23]。これらは、展示品に RFID タグを取り付けておき、展示品の前にユーザが現れたときに、その展示品の情報を提示する。

本研究は、上述のシステムに比べて、RTRPL を目指し、学習者個人に適した形で学習を支援する点で異なる。さらに、学習対象についても、本研究は、言語学習を対象とし、ユビキタス学習環境を指向している点で、上述の研究とは大きく異なる。言語は、生活と深く関係しており、日常生活の中で学習が繰り返され、習得される。特に日本語は状況により使い分けが難しく、ユビキタス学習環境の応用分野の1つとして期待される。

3. CLUE

本章では、ユビキタス協調学習環境 CLUE における、以下の3つのサブシステムについて述べる。なお、本システムの主な利用者は、日本語を学ぶ留学生や英語を学ぶ日本人である。また、日本人がさらに日本語を学ぶ場合にも利用できる。

3つのサブシステムに共通するシステム構成を図2に示し、サーバ側の各機構を以下に説明する。

- (1) 学習者モデル(Learner model)：これは、氏名、年齢、所属、興味などの学習者の個人情報と学習者の理解度を管理する。個人情報は、システムを利用する前に学習者が明示的に入力する。また、学習者の興味や理解度は、システムが学習者の行動をモニタリングすることにより更新する。例えば、3つのサブシステムでは、用例や待遇表現を提示したり、単語の問題を出題したりして、学習者の理解度を把握する。
- (2) 環境モデル(Environmental model)：これは、地図上の建物や部屋内のモノ(object)に関する名前などの記述を実世界データとして管理する。これらのデータは、教材や教授方法とリンクされる。例えば、用例学習支援システムや待遇表現学習支援システムでは病院

や売店などの建物の情報を持ち、単語学習支援システムでは、モノの日本語表記、英語表記などの情報を環境モデルとしてもつ。環境モデルとセンサー情報を用いて情報が提供される。

- (3) センサー情報管理機構(Sensing data manager)：RFID タグや GPS などのセンサーからの情報はこの機構を通じてサーバ内の各機構に送られる。
- (4) 教授モデル(Educational model)：これは環境モデルのオブジェクトと関連づけられる教材や教授方法を管理する。例えば、用例学習支援システムでは病院での受け付けで用いられる言語表現、待遇表現学習支援システムでは売店で用いられる丁寧な表現、単語学習支援システムではある部屋にある机に貼られたコメント、などが教材にあたり、それらの知識を教える方法が教授方法にあたる。
- (5) 適応制御機構(Adaptation engine)：これは、RTRPL を実現するために、学習者モデル、環境モデル、教授モデルを参照して、学習者の現在の場所、時間などに適した情報を提供する。例えば、用例学習支援システムでは学習者の所在地、時間、学習者の理解度に応じて用例を提示し、待遇表現学習支援システムでは学習者の会話相手に応じて適切な待遇表現を提示する。また、単語学習支援システムでは学習者の周りがあるモノと学習者の興味や理解度に応じて問題を提示する。
- (6) コミュニケーション支援機構 (Communication server)：これは協調学習のための掲示板やチャット機能を提供するものであり、3つのサブシステムはこの機能をもつ。

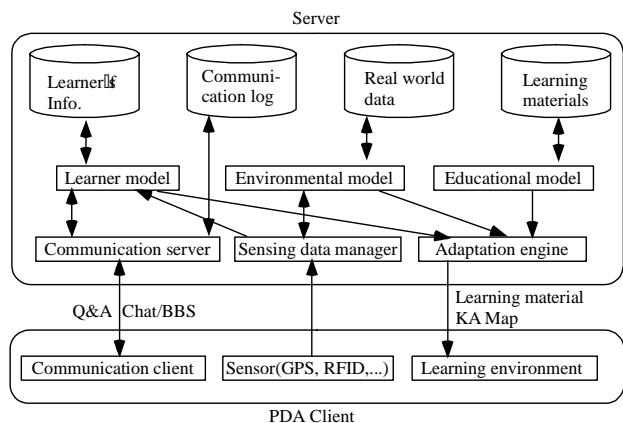


図2：システム構成

3.1 用例学習支援システム

以下に用例学習支援システムの特徴を以下に示す。

- (1) 学習者は、日常生活で分からなかった単語や文章を位置情報と共に蓄積し、共有する。教師は文章の意味などを説明する。
- (2) 学習者の現在位置を把握し、その場所や時間に応じて、学習者に適切な情報（教材）を提供する。
- (3) 学習者は Knowledge Awareness Map[14,15]により、他の学習者の存在に気づき、掲示板やチャットを用いて、協調学習を行える。
- (4) 学習者は訪問した場所にエージェントをおいて、情報を集めたり、デスクトップコンピュータから地図上にエージェントとして表示され、屋外で学習中の学習者とコミュニケーションできる。

図3にシステムのインタフェースを示す。右側は学習の場所を地図上に表示し、左側は KA map である。学習者がある場所に近づいたとき、その場所で使われる用例が提示され、KA map を通じて他の学習者の存在に気づく。

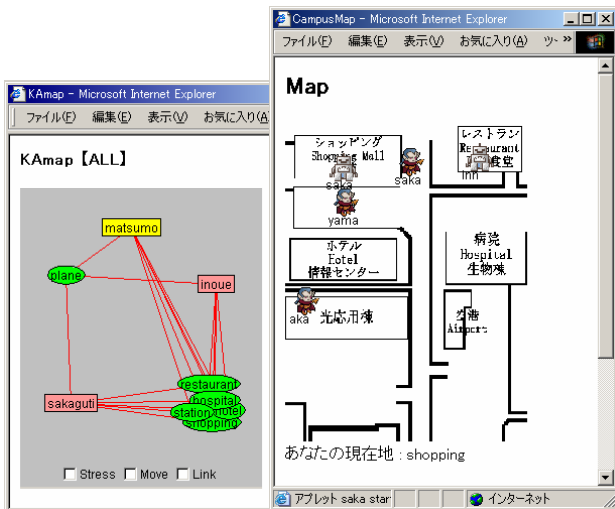


図3：用例学習支援システムのインタフェース



図4：システムの利用風景

3.2 待遇表現学習支援システム

待遇表現とは、丁寧語、尊敬語、謙譲語などを含めたものであり、会話の相手と関係や会話の状況によって、変化する。特に、外国人に対する日本語教育では、敬体（です、ます体）の学習に重点がおかれるため、対人関係や会話場面により、複雑に変化する待遇表現の学習は難しいとされている。また、日本人にとってもある状況に適切な待遇表現を使うことは困難であり、本システムが有効であると考えられる。

そこで、本研究では、ユビキタス学習環境の導入により、学習者の周囲にいる他の学習者の情報を用いることで、casual, basic, formal, more formal の中から適切な待遇表現を提示し、学習を支援する。図5に本システムを用いた待遇表現の学習風景を示す。各学習者 X,Y,Z は PDA をもち、各個人情報が入力されている。もし、X が Z に話しかける場合、年齢の情報から casual レベルの表現が提示される。一方、X が Y に話しかける場合、年齢は X が上であるが、学年の情報から casual レベルの表現が提示される。もし、RFID タグを用いて、この部屋が会議室の場合は、年齢や学年に関係なく、more formal の表現が提示される。

図6にシステムの画面例を示す。左はシステムに利用者の情報を表示する。この情報は PDA を話相手に向け、赤外線通信(IrDA)を通じて話相手と個人情報を交換することにより、会話相手の情報を獲得する。利用者が右画面で動詞を入力すれば、その会話状況に適切な待遇表現を提示する。また、右側画面の会話相手の情報は保存され、利用者はその情報を編集することにより、独りでも学習できる。なお、本システムでは、会話相手を特定する必要があるため、赤外線通信を用いた。

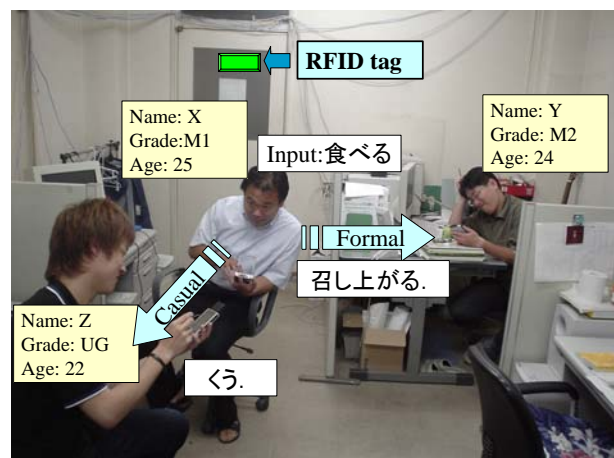


図5：待遇表現の学習風景

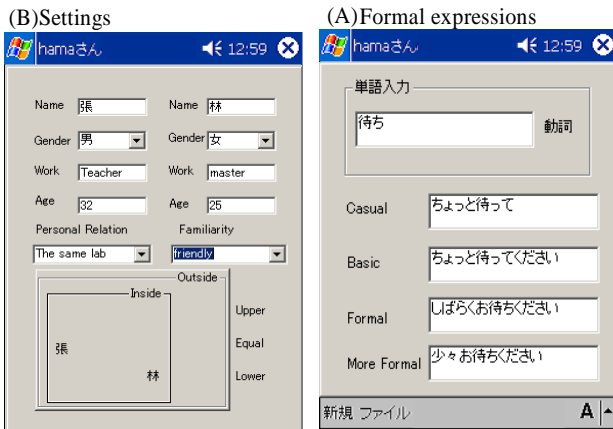


図 6：待遇表現学習支援システム

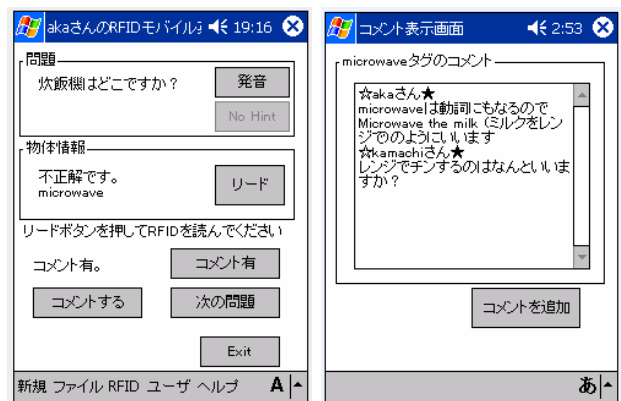


図 8：単語学習支援システムのインターフェース

3.3 単語学習支援システム

初級の言語学習では、実世界のモノにラベルを貼って、そのモノの英語や日本語の単語を学習する場合がある。本システムは、図 7 に示すように、RFID タグをモノに貼って、学習者の周囲にあるモノの情報を読み取り、学習者に質問を提示する。たとえば、”Please put the CD on the table.”のような質問がでる。最初は CD と机が離れた場所にあるが、CD のタグと机のタグを同時にリードしたとき、正解とする。将来的には RFID タグは様々な日用品に取り付けられるであろうことを想定し、本研究ではこのような環境を単語学習に利用するものである。

具体的には、図 8 に示すように、外国人や日本人の学習者が単語、助数詞、例文などをモノに関連づけて登録、共有し、学習を行う。左側が学習支援システムの画面例、右側がコメントの例である。最初は、音声だけで質問内容が読み上げられる。分からなければ、再度聞いたり、テキストを表示したり、ヒントを表示することができる。また、右画面を用いてコメント表示・追加ができる。

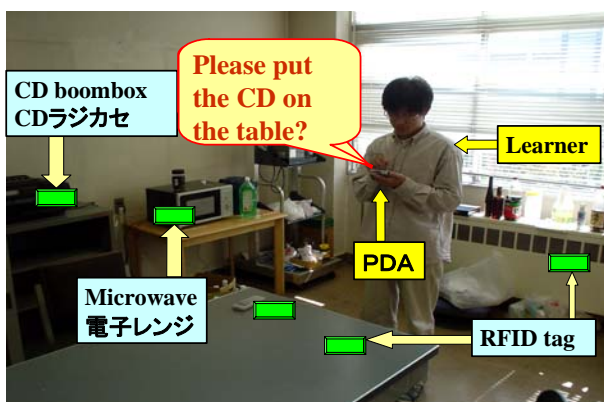


図 7：単語学習支援システムの利用風景

5. おわりに

本稿では、語学学習を対象としたユビキタス学習環境 CLUE について述べた。本システム開発には Microsoft Embedded Visual Tools 3.0 と Personal Java を用いた。PDA には Toshiba Genio-e 500C(OS:Pocket PC 2002)を用いた。通信にはワイヤレス LAN, GPS にはポケナビ 508PC, RFID タグ Unit には OMRON V720S-HMF01 を用いた。

ユビキタス学習環境は新しい取り組みであるため、実践的にシステムを用い、知見を積み重ねることが非常に重要であると考えられる。そのため、例えば、徳島大学工学部では講義や大学生活で PDA を用いて支援を行う u-Campus プロジェクトを実践し、PDA を用いて実際の授業を行う予定である。また、国際的な実践の場としては、G1:1 (Global Network of Researchers Collaborating to Advance 1:1 Educational Computing) [<http://www.g1on1.org>] という組織を作り、システムや実験環境(testbed)を国際的に共有する試みもある。

また、国際会議として、IEEE WMTE (International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education) [<http://ltf.ieee.org/wmte2005/>]が、徳島にて 2005 年 11 月 28 ~30 日まで開催の予定である。

謝辞

本研究は、科研費若手研究(B)No.15700516「ユビキタスコンピューティング環境における適応的協調学習支援の研究」の援助を受けている。ここに記して謝意を表す。

文献

- [1] Abowd, G.D., and Mynatt, E.D.: Charting Past, Present, and Future Research in Ubiquitous Computing, ACM Transaction on Computer-Human Interaction, Vol.7, No.1, pp.29-58 (2000).

- [2] Brown, J. S., Collins, A., and Duguid, P.: Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, (Jan.-Feb.), pp.32-42 (1989).
- [3] Chen, Y.S., Kao, T.C., Sheu, J.P., and Chiang, C.Y.: A Mobile Scaffolding-Aid-Based Bird -Watching Learning System, *Proceedings of IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE'02)*, pp.15-22, IEEE Computer Society Press (2002).
- [4] Colella, V., Borovoy, R. and Resnick, M.: Participatory simulations: using computational objects to learn about dynamic systems, *Proc. of CHI 98*, pp.9-10 (1998).
- [5] Curtis, M., Luchini, K., Bobrowsky, W., Quintana, C., and Soloway, E.: Handheld Use in K-12: A Descriptive Account, *Proceedings of IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE'02)*, pp.23-30, IEEE Computer Society Press (2002).
- [6] Fischer, G.: User Modeling in Human-Computer Interaction, *The 10th Anniversary Issue of the Journal of User Modeling and User-Adapted Interaction (UMUAI)*, Vol.11, No.1/2, pp.65-86 (2001).
- [7] Lankard, B.A.: *New Ways of Learning in the Workplace*, ERIC Digest No.161. (ED385778). ERIC Clearinghouse on Adult, Career and Vocational Education, Columbus, Ohio (1995).
- [8] Lyytinen, K., and Yoo, Y.: Issues and Challenges in Ubiquitous Computing, *Communications of ACM*, Vol.45, No.12, pp.63-65 (2002).
- [9] Hsi, S.: *I-Guides in Progress: Two Prototype Applications for Museum Educators and Visitors Using Wireless Technologies to Support Informal Science Learning*", *Proc. of IEEE WMTE*, pp.187-192 (2004).
- [10] Hwang, K.S.: *Authentic Tasks in Second Language Learning*, <http://tiger.coe.missouri.edu/~vlib/Sang's.html>
- [11] Lave, J. and Wenger, E.: *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*, Cambridge University Press (1991).
- [12] Miller, G.A., and Gildea, P.M.: How children learn words, *Scientific American*, No.257, pp.94-99 (1987).
- [13] Norman, D.A.: *The Invisible Computer*. MIT Press, Cambridge MA (1998).
- [14] 緒方広明, 矢野米雄: アウェアネスを指向した開放型グループ学習支援システム, *電子情報通信学会論文誌*, Vol.J80-D-II, No.4, pp.874-883 (1997).
- [15] Ogata, H. and Yano, Y.: Combining Knowledge Awareness and Information Filtering in an Open-ended Collaborative Learning Environment, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol.11, pp.33-46 (2000).
- [16] 緒方広明, 矢野米雄: ユビキタス学習環境の試作, *教育システム情報学会第8回若手研究者フォーラム*, Vol.03-jul, No.egg01 (2003).
- [17] Ogata, H., and Yano, Y.: How Ubiquitous Computing can Support Language Learning, *Proc of KEST*, pp.1-6 (2003).
- [18] Ogata, H., and Yano, Y.: Knowledge Awareness Map for Computer-Supported Ubiquitous Language-Learning, *Proc. of IEEE WMTE*, pp.19-26 (2004).
- [19] Ogata, H., and Yano, Y.: Context-Aware Support for Computer-Supported Ubiquitous Learning, *Proc. of IEEE WMTE* pp.27-34, (2004).
- [20] Roschelle, J.: Unlocking the learning value of wireless mobile devices, *Journal of Computer Assisted Learning*, No.19, pp.260-272 (2003).
- [21] Tatar, D., Rochelle, J., Vahey, P. and Penuel, W.: *Handhelds Go to School: Lessons Learned*, IEEE Computer Society, September, pp.30-37 (2003).
- [22] Weiser, M.: Some computer science issues in ubiquitous computing, *Communications of ACM*, Vol.36, No.7, pp.75-84 (1993).
- [23] 矢谷浩司, 大沼真弓, 杉本雅則, 楠房子: *Musex: 博物館における PDA を用いた協調学習支援システム*, *電子情報通信学会論文誌*, D-I, Vol.J86-D1, No.10, pp.773-782 (2003).