

平成23年 5月13日現在

機関番号：15301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2009～2010

課題番号：21800036

研究課題名（和文）直感的な操作が可能な分散アルゴリズム学習支援シミュレータの実現

研究課題名（英文）Development of a learning support system with intuitive user interface for distributed algorithms

研究代表者

長瀧 寛之（NAGATAKI HIROYUKI）

岡山大学・教育開発センター・助教

研究者番号：20351877

研究成果の概要（和文）：

本研究は、分散アルゴリズムの学習支援を目的として、直感的な操作を伴った体験的な学習を指向した分散アルゴリズムシミュレータの構築とその評価を目的としたものである。本研究では、協調学習環境として本システムの設計を行い、プロトタイプ構築と実験的評価を行った。その結果、本手法が分散アルゴリズムの特徴を体験的に学ぶ環境を実現できることが確認できた。

研究成果の概要（英文）：

This research proposes a learning support system to help students understand fundamental concepts of distributed algorithms in computer science.

I designed the system as a collaborative learning environment, in which each user operates a device which enables intuitive simulation of the distributed algorithm.

I implemented the prototype and had a trial exercise in our research group. I confirmed that the system is effective to learn the critical part of distributed systems and algorithms.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,080,000	324,000	1,404,000
2010年度	910,000	273,000	1,183,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,990,000	597,000	2,587,000

研究分野：教育工学、情報教育

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学、教育工学

キーワード：情報教育、学習支援システム、分散アルゴリズム、協調学習、参加型学習、シミュレータ、アルゴリズム可視化

1. 研究開始当初の背景

近年、ネットワーク技術の発展と実社会への普及を背景に、ネットワーク上に分散配置されたコンピュータ（以下プロセス）が協調して処理を行う、分散システムへの注目が高まっている。分散システムでは各プロセスが独立に動作しているため、単一プロセス内の処理を想定した従来のアルゴリズムは適用できない場合が多く、**分散アルゴリズム**の活用が重要になる。分散アルゴリズムとは、分散システムにおいて複数プロセス同士で行う協調動作のアルゴリズムであり、ネットワークトポロジの変化やプロセスの参加・離脱、故障など分散システム特有の環境変化に対応した設計を行う必要がある。

さて、情報科学教育において、アルゴリズムはその基礎となる重要な学習分野である。そのため、従来アルゴリズム学習を対象とした様々な学習支援のアプローチが提案されてきた。アルゴリズム学習支援のアプローチの一つに、アルゴリズムの可視化がよく用いられる。文章の定義だけではわかりにくいアルゴリズムの動作手順や計算量などを、図形などでグラフィカルに表現することで、学習者のアルゴリズム理解を促すというものである。

分散アルゴリズムの学習支援については、情報科学において応用分野に属することもあり、これまで研究対象としてあまり注目されていなかったが、近年徐々に研究報告が増えてきている。特に分散アルゴリズムは、分散システムシミュレータを利用したアルゴリズムの可視化を学習支援の手法として用いる研究事例が多い。

学習におけるシミュレータ活用の利点は、条件を変えながら様々な具体例を観察することで一般化した知識を見つけ出す**試行錯誤学習**にあると考えられる。しかし既存研究は、効果的な可視化手法の実現には注力する一方、

シミュレーションのためのパラメータ設定などの準備が複雑であり、学習者が自身で試行錯誤学習を行える環境とは言いがたい。

そこで申請者は、学習者自身が試行錯誤を容易に行える分散アルゴリズムシミュレータ環境の構築が、分散アルゴリズムの学習支援環境として必要ではないか、と考えた。ここで分散アルゴリズムにおける試行錯誤とは、主に(1)アルゴリズムの改変と、(2)分散システムの意図的な環境変化が考えられる。特に分散アルゴリズムでは、ネットワークトポロジの変化やプロセスの状態変化、タイムアウトなど環境変化をアルゴリズム動作開始のトリガとして用いるものが多いことから、環境変化によるトリガ発生を学習者が直感的に行えるようなシミュレーション環境の構築が不可欠と考えられる。

ところでインタフェースの研究分野では、直感的な実物体を用いて仮想オブジェクトを操作する、Tangibleインタフェースが注目されている。教育支援の既存研究にも、実物体を用いた体験的な学習環境が学習効果向上に寄与した事例があり、分散システムのシミュレーションでもTangibleなインタフェースで直感的な操作を実現すれば、学習者自身による試行錯誤学習が容易に行えるのではないかと考えた。

以上より本研究代表者は、シミュレーション環境に直感的な操作で干渉できる分散アルゴリズム学習用シミュレータの実現という着想に至った。

2. 研究の目的

本研究は、分散アルゴリズム学習用シミュレータの構築、特に分散アルゴリズムをこれから理解しようとする学習者でも扱いやすいシミュレータの実現を目指し、直感的な操作を可能とするインタフェースを活用した分散

システムシミュレータ（以下本シミュレータ）の構築と、本シミュレータの分散アルゴリズム学習への効果的な活用手法の確立を目的とする。

本シミュレータのインタフェースとして、加速度や照度などを計測可能な実際のセンサネットワークデバイス（以下センサデバイス）を用い、計算機上に仮想的に構築した分散システム環境とリンクした形で、アルゴリズム動作の可視化を行う。本研究によって、以下の点を明らかにする。

- (1) センサデバイスをインタフェースとする分散アルゴリズムシミュレータの構築手法の確立
- (2) センサデバイスとの連動を前提とした、学習に有効なアルゴリズム可視化手法の確立
- (3) 本手法により構築したシミュレータの、分散アルゴリズム学習における有用性の確認

3. 研究の方法

本研究における活動は、分散システムシミュレータの構築と実験運用による評価がその中心となる。具体的には、(1) 既存研究調査と研究者・教育者からの意見収集、(2) シミュレータの設計と構築、(3) シミュレータの評価、(4) 成果発表、の順番で研究を進めていく。

申請者は情報科学の専門知識を有し、現在まで主にコンピュータ活用教育の研究を中心に行っている。ただし分散アルゴリズムについては、授業や自主学習を通して基本的な知識は有するものの、講義担当や研究指導の経験はない。そのため、本研究の遂行に当たっては、分散アルゴリズムの研究者や教育者との意見交換を密に行い、本シミュレータの学習支援環境としての有用性と、そのために必要な機能や設計上の工夫についての検討を随時行う。

シミュレータ構築に当たっては、プロトタ

イプ構築と評価を随時行う形で、授業や自主学習における利用に適切なインタフェースとなっているかどうか、適宜教育者とも意見交換をしながら、設計方法を確立していく。

またシミュレータの評価にあたっては、分散アルゴリズムの初学者を対象とした演習形式の評価実験を行うことで、本シミュレータを利用した学習の効果について確認するとともに、センサデバイスとシミュレーション実行が正しく行われているか、システム動作の面からの評価も行い、設計手法の有効性を確認する。

成果発表については、平成22年度前半までに国内外の研究会や国際会議で発表と意見交換を行い、必要であれば本シミュレータの再実装と再評価を行った上で、論文誌への投稿を行い研究の完成とする。

4. 研究成果

研究初年度にあたる平成21年度は、主に関連研究の調査とシミュレータの設計、実験評価用のシステムの構築を行った。まず本研究の対象とする、分散アルゴリズム学習支援に関する国内外の先行研究について調査と整理を行い、分散アルゴリズムの研究者と意見交換を行いながら、本研究が目指す学習のシナリオと開発すべきシミュレータの全体像をまとめた。平成21年9月には情報科学ワークショップにて設計したシミュレータのコンセプトを発表し、アルゴリズム研究が多数参加する当ワークショップ参加者と意見交換を行った。

その上で設計を練り直し、最終的に本システムの想定する学習環境を「複数人の学習者がグループとなり、各々が分散システム上のプロセスの動き（＝アルゴリズム）を演じるシミュレーション演習」という形態をターゲットとし（図1）、その上で実験評価用のシミュレータの試作を行った。シミュレータのソ

ソフトウェア設計にはJavaを、ユーザの操作端末にはSunSPOTを採用し、まず分散アルゴリズムの可視化シミュレータにあたるクラス群を作成した上で、SunSPOTに対する物理的な動作を分散アルゴリズムの動きとして連動させる仕組みを実装した。作成した試作システムを用いて、複数の被験者を対象に本システムの学習シナリオを想定した実験を行い、分散アルゴリズムの学習への効果を示唆する結果とともに、シミュレータとしての改善すべき点を確認した。

平成22年6月には、国際会議（ICETC 2010）において研究成果の発表を行い、主に試作システム的设计コンセプトについて参加者と意見交換を行った。また平成22年7月の国内発表（情報処理学会 コンピュータと教育研究会）においては、主に本システムを用いた学習手法と評価実験を中心とした発表を行い、教育支援システムや情報教育関係の研究者から、学習効果的視点での本手法に関する意見交換を行った。2件の対外発表と意見交換の結果、本手法は分散アルゴリズムの特徴、特に「局所性」を体験的に理解するのに有用であるという評価を得た。一方で、現状の設計では可能なアルゴリズムシミュレーションが限定的なため、より多様なシミュレーション形態を可能とすること、そのためのシステムの改良が必要であるという知見も得られた。

そこで平成22年9月以降は、ユーザの入力端末をより高性能な表現ができるもの(iPod Touch)へ変更し、多様なシミュレーションを実現するためのプラットフォーム作り、および学習の振り帰りを容易にするための端末プログラムの改良を行った。端末変更に伴い開発に想定より時間がかかったことから、改良後のシステムについて平成22年度内の論文発表には至らなかったが、次年度中に論文として成果をまとめる予定である。

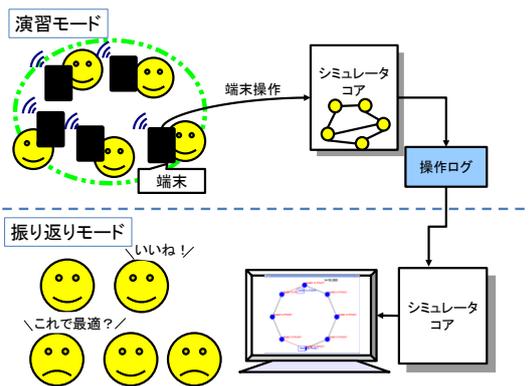


図 1: 学習シナリオ

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① Hiroyuki Nagataki, Taichi Fujii, Yukiko Yamauchi, Hirotsugu Kakugawa, Toshimitsu Masuzawa: “A kinesthetic-based collaborative learning system for distributed algorithms”, Proc. of ICETC 2010 : 2010 2nd International Conference on Education Technology and Computer, No. 2, pp. 97–101, 2010、査読有
- ② 藤井太一、長瀧寛之、山内由紀子、角川裕次、増澤利光: “体験的な分散アルゴリズム協調学習を支援するシステムの提案”、情報処理学会研究報告、Vol. 2011-CE-105, No. 2, pp. 1–7、2010、査読無
- ③ 長瀧寛之、山内由紀子、角川裕次: “直感的な操作が可能な分散アルゴリズム学習用シミュレータの提案”、第5回情報科学ワークショップ
- ④ 予稿集、 pp. 132–133、2009、査読無

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長瀧 寛之 (NAGATAKI HIROYUKI)
 岡山大学・教育開発センター・助教
 研究者番号：20351877