

令和 5 年 5 月 31 日現在

機関番号：10103

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12104

研究課題名（和文）不安定環境下で安定稼働可能な協調型学習支援システムの開発とネパールでの実践活用

研究課題名（英文）Development of collaborative learning support system that can operate stably on unstable environment and its practical use in Nepal

研究代表者

佐藤 和彦（Sato, Kazuhiko）

室蘭工業大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：90344548

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、不安定なネットワーク環境下でも安定動作可能な協調型学習支援システムの開発を行った。複数のクラスターによるデータベース共有の層と、学習支援システムが使用するRDBMSを二重化して学校ユニットに持たせることで、ネットワークが有効な時はユニット間でコンテンツ共有を実現しつつ、ネットワークが切れている際も学校個々のシステムは稼働を維持できるしくみとして実現した。コロナ禍により2年間メンテナンスが不可能となり、経年劣化などによりユニットが破損する脆弱性が明らかとなった。環境条件の悪い地域で長期稼働させるための物理的な改善が今後必要であることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地域による教育格差の解消にeラーニングは非常に有効であるが、これらは高速で安定したネットワークを前提としており、発展途上国の過疎地域は安定したネットワーク環境が未整備でeラーニングの恩恵が得られない。これに対し、本研究は不安定なネットワーク環境でも安定稼働する基盤を実現し、それに基づいた学習支援システムを開発した。この技術によってこれまで導入が難しかった過疎地域に適切にeラーニング環境を適用でき、地域による教育格差の解消に貢献できると考える。

研究成果の概要（英文）：In this research, we developed a collaborative learning support system that can operate stably even in an unstable network environment. By duplicating the database sharing layer with multiple clusters and the RDBMS used by the learning support system and having it in the school unit, content can be shared between units when the network is active, but the network is off. The system was realized as a system that can maintain the operation of each school system. Due to the corona disaster, maintenance became impossible for two years, and the vulnerability of the unit to damage due to deterioration over time was revealed. It became clear that physical improvements are necessary in the future for long-term operation in regions with poor environmental conditions.

研究分野：教育学

キーワード：協調型学習支援システム eラーニングシステム 不安定ネットワーク 発展途上国 教育学

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

研究代表者らは 2010 年からネパール国のヒマラヤ山脈麓に位置するカスキ地方ポカラ市周辺の貧しい山村間を結ぶ無線ネットワーク網の整備を進め、山村地域の学校に教育用ネットワーク基盤を構築する研究に取り組んできた。これまでの運用の中で、停電や天候悪化による通信遮断が発生し、サービスが停止するだけでなく、日本からも制御不能になる状況が多々発生した。これを解決する方法として、無線ノード同士をメッシュ状に結び、それらの間で自律的に伝送路を構築する無線メッシュネットワーク技術が有効であると着目し、その敷設を進めた。局所的な通信不良については、この対策によって改善が見られたが、ネパールでは、乾季に大規模な計画停電が例年実施されるほか、雨季には落雷による停電が頻発する。学校個々や中継アンテナには避雷針やソーラーパネルや充電機器などを設置して停電に耐えられる設備の導入を進めたが、停電は地域単位で発生するため、半日にもわたる停電の間、全ての通信ノードを稼働維持することはコスト的にも難しい。以上から、ネットワーク網のメッシュ化など物理的な改善だけでは通信路の安定維持は難しいという判断に至った。そこで我々はさらに、不安定なネットワーク環境上で安定的に動作する教育支援システムの実現に向けて、これまでとは異なるアプローチとして、学校ごとの稼働独立性を向上させることと、ネットワークを介した学校間協調学習環境の環境全体としての稼働可能時間を可視化することの 2 つを新たな目的とし研究を進めた。無線メッシュネットワークの各ノードに設置し、生存ノード間で情報共有する機能を有したユニットを開発した。このユニットは、クラスタデータベース技術による教育コンテンツ共有機能(機能 1)と、学校間で設置された無線ノード個々のバッテリー充足率や消費電力量から稼働可能時間を可視化する機能(機能 2)を有する。機能 1 により、各学校のみならず、各中継ノードでも教育用コンテンツを複製して保持し、データベースに冗長性を持たせることで不安定なネットワーク上での安全で安定したデータ管理を実現した。また、機能 2 により、ネットワーク全体の稼働可能時間をおおよそ可視化することが可能となった。

これまでの取り組みで、ユニット自体はほぼ完成に至ったが、ユニット群により実現されるインフラ環境上で動作する学校間協調学習システムについてはまだ未完成である。また、そのシステムで提供する、コンピュータリテラシーレベルの低い、山村部の学校の教員や生徒が活用可能なコンテンツについても十分議論がされていない。

### 2. 研究の目的

発展途上国への ICT インフラの普及整備に関する取り組みは多々行われているが、本研究はそれらのような社会貢献を目的とした活動にとどまらず、以下のような特徴による汎用性・応用性の高いインフラ構築技術の確立を目指すものである。地域無線通信網の冗長化、通信ノード個々の電力管理等による生存性の向上により、通信環境自体をできる限り安定化させる。データベースの冗長化により、生存ノード間でのデータ共有維持による安定化を実現する。これらのしくみを実現することで、本研究の対象地域のみならず、通信インフラが未整備の発展途上国や、インフラが破損被害を受けた災害地域などでも、安定稼働可能な情報システムを実現できる。

### 3. 研究の方法

本研究では大きく 3 つの作業を進める。1 つ目は我々が開発したユニット群によるクラスタデータベース環境上で動作する教育支援システムの実装である。汎用性を考慮し、オープンソースの学習支援システムである Moodle をベースとして採用し、本研究のノード群が提供するクラスタデータベース環境上で動作するように改良する。遠隔地間に設置されたユニット間でのデータベース共有によって、従来は独立運用を前提とした学習支援システム上のコンテンツを、各学校の Moodle 間で共有できるようになる。2 つ目は実際の授業で利用する学習コンテンツの共同作成である。現地の研究協力者である大学、小中学校の教員と協力し、ネパールの教育現場に合ったコンテンツを教育支援システム上で作成し、実際の授業で活用することでの評価を行う。3 つ目は、日本とネパールの学校間での協調学習を目指した機能の拡張である。本研究で開発したユニット群を用いた不安定ネットワーク上での学習システムの安定稼働環境をベースとして、ネパールの学校間のみならず、データベース共有を行う範囲を日本の学校にも広げ、日本とネパール間の学校間の協調学習環境の実現を視野に入れ、それに必要な機能の洗い出しを行う。これまでの研究の過程で調査したネパール現地の教育事情と、日本の小中学校での教育事情から両国間でのコミュニケーションを主体とした協調学習のモデルを提案し、それに基づいた e ラーニング教材や追加の機能について検討を進める。

### 4. 研究成果

本研究では、上記で述べた 3 つの作業を予定していたが、2020 年に発生したコロナ禍により、研究機関 3 年間のうち 2 年間、海外渡航が厳しく制限され、現地を訪問しての研究遂行が不可能となった。また、対象国ネパールもロックダウンにより長期に渡り国内の移動制限が課された。本研究もこの影響を大きく受け、ネパールに訪問しての現地実験や現地での教員との協力体制の確立、現地の現状調査などを予定していたが、そのいずれも中止を余儀なくされてしまった。

大きく制限を受けた状況下で、できる範囲での作業遂行を進めた結果を以下にまとめる。

(1) ユニット群によるクラスタデータベース環境上で動作する教育支援システムの実装

不安定なネットワーク環境下でも安定動作可能な協調型学習支援システムの開発を行った。複数のクラスタによるデータベース共有の層と、学習支援システムが使用する RDBMS を二重化して学校ユニットに持たせることで、ネットワークが有効な時はユニット間でコンテンツ共有を実現しつつ、ネットワークが切れている際も学校個々のシステムは稼働を維持できるしくみとして実現した。さらにそのユニット群による環境上に、Moodle を具体的な学習支援システムとして採用し、複数の学校ユニット間でコンテンツ共有を行う協調型の学習支援システムとして実装した。

(2) 長期に渡るメンテナンス放置による機器の故障・劣化とその対応

ネパールの都市部の学校、山村部の学校、日本の研究室の3点間にそれぞれ開発したユニットを設置し、現地の協力者の協力のもとで開発したシステムの実地検証を進める予定であったが、2020年度からのコロナ禍により、ネパールは長期のロックダウンを余儀なくされ、海外渡航も長らく禁止となり実験を行うことができなくなった。特に、ネパールのロックダウンにより、学校も長期にわたって閉鎖となり、設置したユニットが長らくメンテナンスできない期間が生じてしまい、その間に機器が故障・劣化する事態に見舞われた。簡易な防塵措置などは機器に施していたが、設置した室内でも埃や砂などがユニット内部に入り込み、それが故障につながった。2022年夏に渡航が適い、現地の状況を確認し、故障した原因について対応を検討し、物理的にも長期運用に耐えられるような構造について再設計を進めた。

(3) クラウドシステムの強化による安定性の向上

現行のシステムは3点間のユニットがすべて生存し、ネットワークに接続されている状況でデータベース共有が実行される使用であったが、さらに安定性を高めるために、クラウド上に仮想のユニットを実装し、マスターノードはクラウド上で常時生存する仕様に変更した。これにより、安定性が向上した。さらに仮想の学校ノードも2台クラウド上に実装し、最低稼働要件の3台のユニット全てがクラウド上で常時生存することで安定稼働を維持するしくみに改善した。研究機関内に、改良後のシステムを利用した稼働実験までは実施が行えなかったため、検証については今後の課題となる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Njoud Alsubaiheen, Kazuhiko Sato, Kento Suzuki	4. 巻 19
2. 論文標題 A Proposal of Role-playing Gamification based E-learning to Learn Cyber Security for Saudi Student	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of International Scientific Publications: Educational Alternatives	6. 最初と最後の頁 169-178
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Thongchotchat Vivat, Sato Kazuhiko, Suto Hidetsugu	4. 巻 -
2. 論文標題 Recommender System Utilizing Learning Style: Systematic Literature Review	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of 2021 6th International Conference on Business and Industrial Research (ICBIR)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ICBIR52339.2021.9465832	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Gautam Yubaraj, Sato Kazuhiko, Gautam Bishnu Prasad, Shiratori Norio	4. 巻 -
2. 論文標題 Novel Firewall Application for Mitigating Flooding Attacks on an SDN Network	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of 2021 International Conference on Networking and Network Applications (NaNA)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/NaNA53684.2021.00084	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
連携研究者	ゴータム ビスヌ・ブラサド  (Gautam Bishnu Prasad)  (90615494)	金沢学院大学・経済情報学部・教授    (33305)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------