

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：11601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650544

研究課題名(和文) 協調ソフトウェア開発学習における継続的知識と断片的知見の獲得および有機的連携手法

研究課題名(英文) Methods for Accumulation of Knowledge and Finding in Cooperative Software Development Exercise

研究代表者

神長 裕明(Kaminaga, Hiroaki)

福島大学・共生システム理工学類・教授

研究者番号：60214524

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：ソフトウェア技術者育成には、協調開発過程の実際の体得が重要だが、大学等の演習授業では、独特の制約ゆえに、ノウハウ蓄積とそれを活用した訓練が十分に行えていない現状がある。本研究では、協調ソフトウェア設計開発演習における実際的な経験知識の習得を目指し、演習上の様々な制約に対応可能な知識・知見の蓄積活用支援手法の開発を試みた。まず、素性の異なる知識・知見を準独立的に獲得・蓄積し、その間の関係性を分析する手法を開発した。その上で、知識・知見の獲得から管理・視覚化までの支援を見据えたシステムの枠組みをデザインした。これにより、協調ソフトウェア開発演習におけるノウハウ習得支援の新たな可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：Practical experience of cooperative development process is important for training of software engineers. This research aimed to develop novel support methods for accumulation of knowledge and finding in the cooperative software design exercise by new approach that can accommodate the constraints of the exercise class. Initially, methods to accumulate knowledge and finding with different features respectively and to analyze the relationships between them were developed. Moreover, system framework for a accumulation of know-how and its visual management was designed. Consequently, new possibility of support for learning of know-how in cooperative software development exercises was shown.

研究分野：総合領域

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：協調ソフトウェア設計開発演習 知識知見情報 ノウハウ蓄積 教育工学

### 1. 研究開始当初の背景

ソフトウェア設計開発に携わる人材育成には、協調開発過程の実際的体得が重要だが、大学等の演習授業では、独特の制約ゆえに、ノウハウ蓄積とそれを活用した訓練が十分に行えていない現状がある。

まず、協調開発過程には、工程に沿って継続的に発生する定型知識情報群(継続的知識)と、工程とは必ずしも連動しない断片的な非定型知識情報(断片的知見)が介在する。ソフトウェア技術者育成のためには、両者を上手く蓄積・集約し、その活用について体得機会を与えることが重要だが、演習授業特有の制約のため容易ではない。これに対し、協調ソフトウェア開発における知識管理、協調開発学習支援を目的とした情報共有に関する研究がそれぞれ存在しているが、協調開発演習授業特有の制約への対応は未だ不十分であり、実際的な演習支援の実現には至っていない。

以上のことから、独特の制約を伴う協調ソフトウェア開発演習において、そこで発生する継続的知識・断片的知見を的確に蓄積・集約し、それらを連携させて学習者の訓練に活用する手法の実現が重要と考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究では、協調ソフトウェア設計・開発演習における実際的な経験知識の習得を目指し、演習上の制約に対応可能な知識・知見の蓄積活用支援手法の開発を目標とする。

そのために、まず、素性の異なる知識・知見を準独立的に獲得・蓄積し、その間の関係性を分析する手法を開発する。その上で、知識・知見の獲得から集約・視覚化までの支援を見据えたシステムの枠組みデザインを検討し、協調ソフトウェア開発演習におけるノウハウ習得支援の新たな可能性を探る。

### 3. 研究の方法

本研究は、以下の手順・方法により遂行する。

- (1) 知識・知見情報蓄積システム群の設計
- (2) 知識・知見情報の連携・関係性診断手法の開発
- (3) 協調ソフトウェア開発学習支援システムの試作
- (4) 支援システムの評価

### 4. 研究成果

(1) 知識・知見情報蓄積システム群の設計  
実際の演習過程で生じる知識・知見を観察し、その発生状況や開発工程との関係などを整理した。ここでは主に、主な技術文書とその編集過程に介在する知見をあわせて観察した。その上で、取得する知識・知見情報の種類や属性情報、それらの観察・取得に関するシステム面について検討した。

その結果、技術文書とその構成(継続的知識)、学習者による質問・コメント等の編集

意図(断片的知識)に焦点をあてることとした。

### (2) 知識・知見情報の連携・関係性診断手法の開発

学習者が、互いに関係する複数の技術文書を工程に沿って作成・推敲することを想定し、技術文書間の関連性診断手法を開発した。

ここでは、相互に参照・被参照関係にある2つの技術文書について、その間の対応関係を項目レベル、フレーズレベルそれぞれで診断する手法を開発した。教授者が準備する技術文書を基礎として、本手法による解析に基づいて、重要箇所の見落としや技術文書構成要素間の誤った対応づけが疑われる箇所を抽出し、学習者に対して注意喚起する。

(項目レベルの診断)

参照・被参照関係にある2つの技術文書A・Bについて、教授者・学習者それぞれによるマーキング・対応づけを比較分析し、主に以下の2つを診断する。

- ・学習者が、文書A中の重要項目(ここでは章見出し等)を的確に把握(マーキング)しているか否か。
- ・文書A・B間の対応づけ(対応元・対応先)の正しさ

(フレーズレベルの診断)

項目レベルでの文書間対応づけが妥当な場合に、更に、フレーズレベルでの踏み込んだ診断を行う。ここでは主に以下の3つの状況に焦点をあて、発生が疑われる箇所を抽出する。

**状況1 [重要項目の見落とし]**: 文書Aにおいて注視すべき重要箇所(教授者によるマーキング箇所)を、学習者が的確にマーキングしていない状況(図1)。

**状況2 [フレーズレベルの関連付けと項目レベルの関連付けとの不一致]**: 学習者による文書A・Bの間のフレーズレベルの対応づけが、推敲済みの(あるいは教授者による)項目レベルの対応づけに反している(図2)。

**状況3 [文書Bにおける重要箇所(文書A中の重要箇所の対応先)の誤った把握]**: 学習者が文書Aにおけるマーキング箇所の対応先として文書Bにおいてマーキングした箇所が、教授者による対応づけ先と合っていない(図3)。

ここでは、着目フレーズの類似度を算出し、その値が閾値を越えた場合に一致と判定している。この閾値の定め方については、実際のデータを用いた検証を重ね、目安・知見を整備することが重要と考えられる。

これらに加えて、編集意図共有支援のためのシステムの枠組みを技術文書間の対応づけ作業とリンクさせて検討した。これにより、継続的知識(技術文書とその構成)、断片的知識(学習者による注釈等の編集意図)を現実的に連携させて集約する方法について、1つの可能性を見出すことができた。

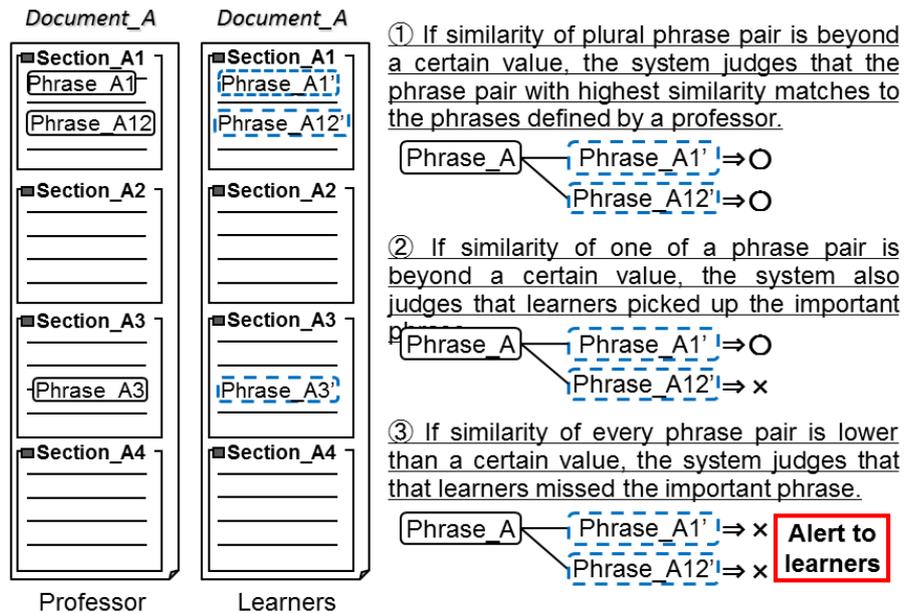


図1 重要フレーズの見落とし(状況1)の診断

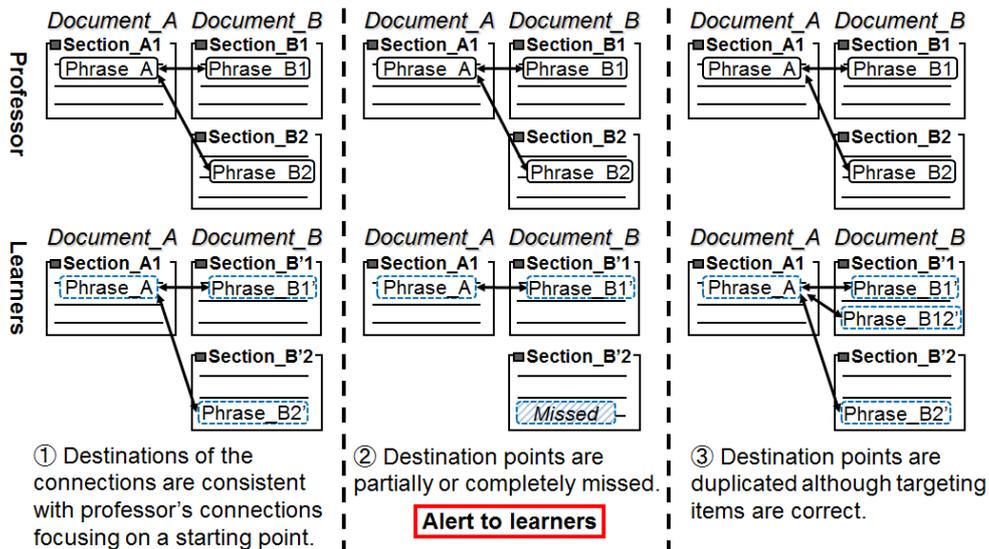


図2 フレーズレベルの関連付けと項目レベルの関連付けとの不一致(状況2)の診断

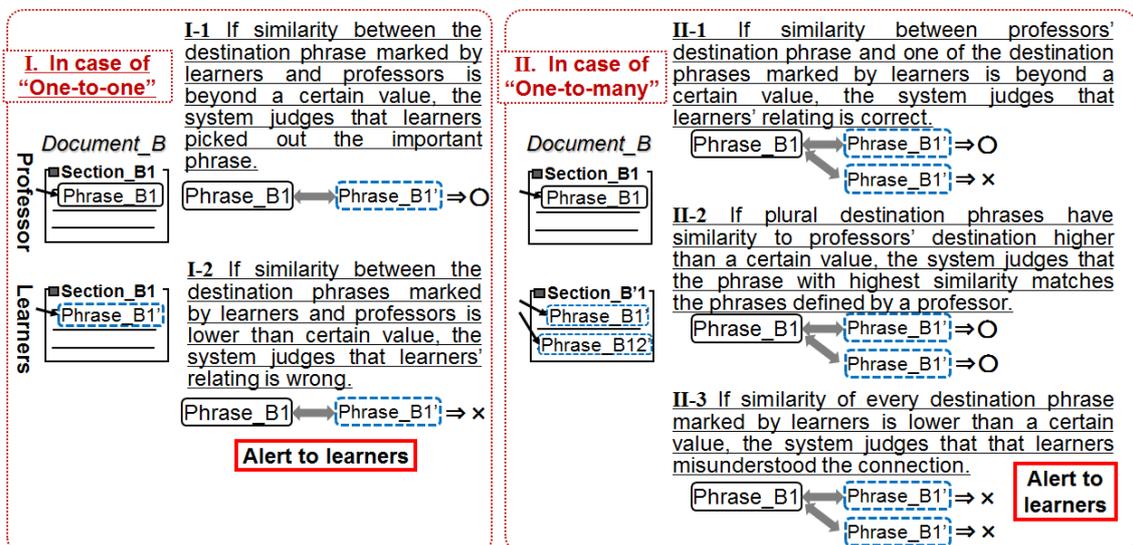


図3 文書B中の重要箇所(文書A中の重要箇所の対応先)の誤った把握(状況3)の診断

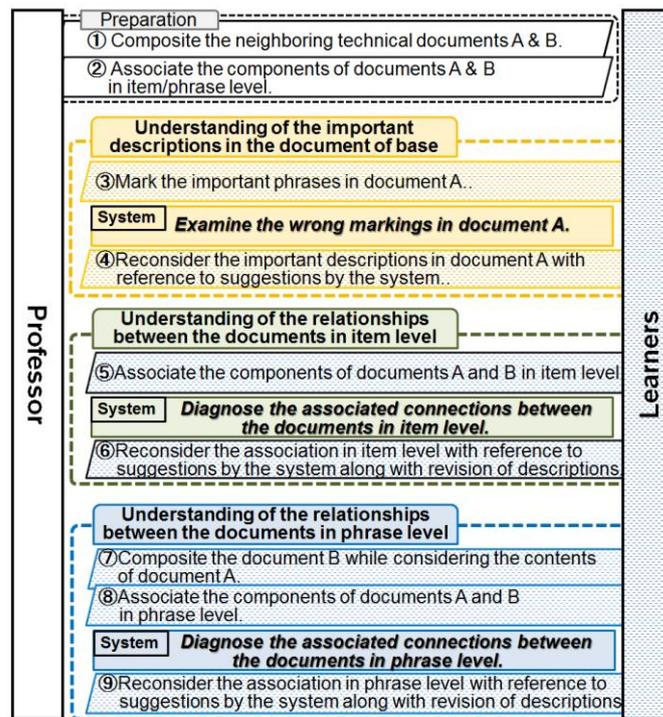


図4 文書間の関連性に留意した技術文書作成・推敲のための演習の流れ

(3) 協調ソフトウェア開発学習支援システムの試作

#### ① 設計

まず、学習メンバー間で編集意図を共有しながら、文書間の関連性に留意した技術文書作成・推敲作業を体得させるための演習の流れ(図4)をデザインした。

演習の準備として、教授者は相互に参照・被参照関係にある2つの技術文書A・Bを作成する。その後、この2種類の文書について、項目レベル及びフレーズレベルで対応付けを行う。

演習時、学習者はまず、文書間の関係性を大きなレベルで把握するために、教授者が作成した文書A・B間の項目レベルでの対応付けに取り組む。この際、教授者が作成した文書Aの全文、文書Bの項目(章見出し等)を提示する。ここで、支援システムは、教授者によるマーキング・対応づけと学習者によるものを比較分析し、その差異を診断する。教授者によってマーキングされた項目を的確に押さえていない場合、重要箇所見落としの可能性として抽出する。

重要箇所が的確にマーキングされている場合、次に、文書A中の重要箇所(項目)それぞれについて、文書B中での対応先項目の妥当性を診断する。ここでは、教授者による対応づけを基礎として、文書A中に学習者がマーキングしたある重要項目について、文書B中の対応先が一部または全部欠如している場合、対応づけ誤りの可能性として抽出する。同様に、文書B中で余計に対応づけを行っているケースも抽出する。

支援システムは、見落としや対応づけ誤りが疑われる箇所を学習者に示唆する。学習者

は、この示唆を参考に、マーキング・対応づけの再検討・修正を、教授者によるものと一致するまで繰り返し行う。この修正作業が終わる時点で、学習者は、項目レベルの対応関係を概ね理解できる。

その後、学習者は、与えられた項目(章構成・見出し等)を基として文書Bの作成に取り組む。文書Bの作成が終了した時点で、学習者は、文書A・B間のフレーズレベルでの対応付けに取り組む。この際、学習者は対応付けを行なった記述箇所に対し、自身の意図や検討すべき事項などの注釈を付与する。支援システムは、注釈が付された箇所を視覚的に提示する。これにより、メンバー間の作業分担や一度の演習時間内だけでは完結しない非同期的作業などを伴う実際の演習過程において、メンバーが付与した注釈に対する注意を喚起し、編集意図や検討事項の共有とそれに基づいた実際的な推敲を促す。システムは学習者による対応づけと教授者による対応づけの差を診断し、学習者に対して示唆する。学習者は、この示唆を手がかりとして、項目レベルと同様に、マーキング・対応づけの再検討・修正を繰り返し行う。

学習者はこれら3つの支援(項目レベルの関連付け、フレーズレベルの関連付け、編集意図の共有)によって、技術文書の関係性に留意した実際的な演習が可能となる。

#### ② プロトタイプ開発

先にデザインした演習の流れ、および、実際の協調開発演習の観察等に基づき、支援システムの要件を以下の通り整理した。

- ・技術文書の作成・編集、管理ができること
- ・技術文書の構成要素に視覚的マーキングが

できること

- ・技術文書に対するコメント・注釈の付与、その共有が行えること
- ・技術文書の変更箇所とその経過を把握できること
- ・技術文書の要素間の対応関係が把握できること

本支援システムは、設計開発工程・進捗状況、成果物（技術文書・ソース）、学習メンバなど、協調ソフトウェア開発学習に関する管理を行う演習支援環境の一部として位置づける。上記の要件を満たすために、以下の機能を具備したプロトタイプを開発した。

- ・技術文書の作成・編集機能

本システムは、技術文書の作成・編集と管理のための環境をWebベースで提供する。本機能は、編集対象文書を選択した上でフォームに記述内容を入力する簡単な操作のみで技術文書を作成することを可能とする。教授者による演習準備のためのサンプル文書作成、学習者による演習過程における技術文書作成は、双方とも本機能を用いて行われる。学習者は、章やより細かい項目の追加など文書構成や執筆等の作業を、本機能が提供するUI（図5）を用いた簡単な操作で行えるなど、直感的な文書作成・編集を可能とした。

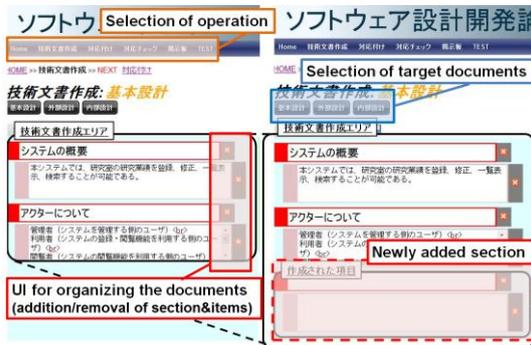


図5 技術文書の作成・編集機能

- ・編集意図共有機能

本機能は、学習者が技術文書上に容易に注釈を付し、考えや疑問など編集意図を状況と共に蓄積するための環境を提供する（図6）。また本機能は、注釈の学習者間での共有を可能とする。注釈が付された記述は自動的に強調表示され、学習者は簡単なマウス操作のみで容易に注釈の内容を確認できる。これら視覚的な編集意図共有により、編集の経過・状況の把握が容易になる。

- ・技術文書対応づけ機能

本機能は、技術文書とその構成要素レベルで視覚的に対応づけするための環境（図7）を実現する。対象文書を選択するとそれらがシステム上に隣り合わせて表示される。学習者は、本機能が提供するUIを用いた簡単なマウス操作のみで、文書項目レベル、フレー

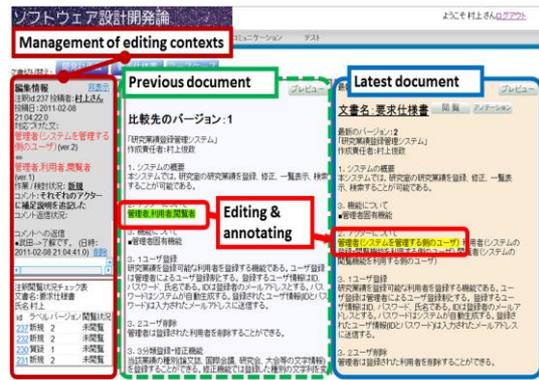


図6 編集意図共有機能

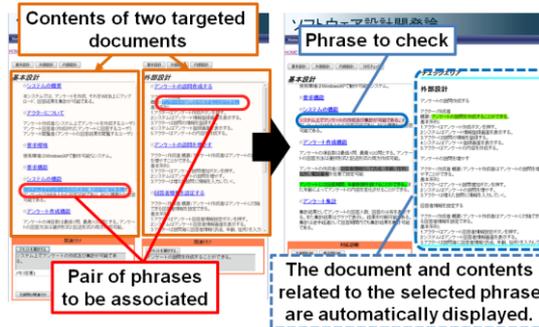


図7 技術文書対応づけ機能

ズレベルの対応づけを行うことができる。また、編集意図共有機能を用いて、対応づけの過程で、その状況等を注釈として付記することができる。これらの支援により、学習者・教授者による技術文書間の対応づけとその直感的把握を可能とする。

- ・技術文書間の関係性診断機能

本機能は、学習者による技術文書の対応づけのうち、誤りの可能性がある箇所を抽出し、学習者に示唆する。具体的には、項目レベル、フレーズレベルそれぞれの対応づけが行われた時点で、教授者によって準備された技術文書間関係を基礎とした分析に基づいて、その差異を診断する。これにより、学習者の技術文書間関係への注意と、それに基づく実際的な推敲を促す。

#### （4）支援システムの評価

教授者による演習準備作業、学習者による技術文書作成・推敲作業について、それぞれ実験協力者に実際の演習に準じて支援システムを試用して頂き、実際的评价を試みた。主な機能の動作等について概ね意図通り動作することを確認できた。一方で、操作性など課題も明らかになった。

また、技術文書間の関連性診断手法の有効性検証と課題抽出を目的として実験を行った。教授者役・学習者役の実験協力者に、参照・被参照関係にある2つの技術文書の作成・対応づけをそれぞれ行って頂き、提案手法による誤った対応づけの可能性のある箇所の推定を行った。その結果、比較的良好な

精度が得られ、目指す誤り箇所推定について、今後に期待の持てる感触を得ることができた。これに加えて、学習者が複数のフレーズを包含したマーキングを行っていることによる推定精度への影響など、課題を含めた知見を得ることができた。

## 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 8 件)

- ① Shoichi Nakamura, Gotoh Fumihiro, Hiroaki Kaminaga, Youzou Miyadera, A System for Strategic Exercise of Cooperative Software Design Focusing on Relationships between the Components of Technical Documents, Proc. International Conference on Innovations in Engineering and Technology, pp.92-97, 2013, 査読有.
- ② Shoichi Nakamura, Masatoshi Murakami, Hiroaki Kaminaga, Setsuo Yokoyama, Youzou Miyadera, A Support System for Cooperative Software Design Exercise Focusing on Editing Contexts and Relationships among Technical Documents, Proc. IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering 2012, pp.202-204, 2012, 査読有.
- ③ Hiroaki Kaminaga, Gotoh Fumihiro, Rumiko, Setsuo Yokoyama, Youzou Miyadera, Shoichi Nakamura, A Support System for Sharing Contexts of Technical Document Creation in Cooperative Software Design Exercise, Proc. International Conference Applied Computing 2012, pp.427-430, 2012, 査読有.

[学会発表] (計 3 件)

- ① 菅野聖矢, 中山祐貴, 神長裕明, 宮寺庸造, 中村勝一, 技術文書検討過程の傾向分析による協調ソフトウェア設計演習支援の試み, 電子情報通信学会 2014 年総合大会 2014.3.18, 新潟大学五十嵐キャンパス.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

神長 裕明 (KAMINAGA, Hiroaki)  
福島大学・共生システム理工学類・教授  
研究者番号：60214524

### (2) 連携研究者

中村 勝一 (NAKAMURA, Shoichi)  
福島大学・共生システム理工学類・准教授  
研究者番号：60364395

宮寺 庸造 (MIYADERA, Youzou)  
東京学芸大学・教育学部・教授  
研究者番号：10190802