

ソフトウェア設計・開発グループ演習教育のための コミュニケーション支援システム

櫛山 淳雄[†] 中野 秋子[†]

情報技術の発展にともない、高い情報処理技術を有する人材が必要とされてきている。それにもかかわらず、大学などの教育機関において、ソフトウェアシステムの設計・開発の実践的な教育の場が非常に少ないというのが現状である。著者らは大学において 1997 年度よりソフトウェア設計・開発をグループ演習形式で実践する教育を行っている。それとともに、本教育を支援するシステムの開発も行ってきた。ソフトウェアシステムを設計・開発するとき、プロジェクト内でのコミュニケーションの円滑な流れや情報の共有がそのプロジェクトの成功に大きくかかわってくる。著者らの教育実践経験から、本教育におけるコミュニケーションとして、学習者間でのコミュニケーションのみでなく、学習者と教授者側とのコミュニケーションも重要であることが分かっており、それを支援するシステムとして学習者グループ内でのコミュニケーションに加え、教授者と学習者間でのコミュニケーション支援、インスペクションプロセス支援機能を提供した。本システムを実際の授業に適用した結果、これまでの電子メール中心のコミュニケーションから、本システムを中心としたコミュニケーションに移行することができた。とりわけ、コーディングや分析・設計におけるグループ内での問題解決、ならびにインスペクションやテストなどの検証を行う工程における学習者と教授者側とのコミュニケーションにおいて活用されていることが分かった。また、非同期分散形態でのインスペクション支援は、インスペクション実施に対して時間、場所の制約からの解消、教師がコメントを書くことにより意図が確実に理解でき、後から見直すことができ、コメントを共有することができるなど学習効果向上に寄与した。

Communication Support System for Software Engineering Education

ATSUO HAZEYAMA[†] and AKIKO NAKANOT[†]

With the rapid permeation of information technology, the demands for software system development are increasing. From such social background, people who are capable of designing and developing such systems are required. However there is little opportunity that the students experience total application systems development in the form of project like a practical setting. The authors have been offering a class called "System design" since 1997. The authors have also been developing a group learning support system. In designing and developing software systems, good communication and information sharing in a project is one key success factor. So the education support system should support communication. The authors provided process oriented communication support based on our experience to support Q&A, announcement from teacher to students, and the inspection process. We applied this system to the real exercises of the class. We could replace many of E-mail communications with this system. By this, we can share the learning process and this contributes to knowledge sharing across times.

1. はじめに

情報技術の発展にともない、高い情報処理技術を有する人材が必要とされてきている。実社会で行われているソフトウェア開発は、多くの場合、複数人により構成されるプロジェクトという形態で行われている。

それにもかかわらず、大学などの教育現場において、プロジェクト形式でのソフトウェアシステムの実践的な設計・開発教育の場が少ないというのが現状である^{11),17),20)}。著者らは、1997 年度より大学においてソフトウェアシステムの設計・開発をグループ演習形式で実践的に身に付けていくという教育を行っている⁹⁾。この種の教育では、学習者の作業負荷は大きく²⁾、効果的で効率的な学習支援が必要不可欠である。そこで、著者らは本教育を支援するシステムの開発を行ってきた^{7),8)}。

[†] 東京学芸大学
Tokyo Gakugei University
現在、株式会社 PFU
Presently with PFU

中間成果が目に見えにくいという性質を有するソフトウェアシステムを複数人により共同で設計・開発を進めていく場合、プロジェクト内でのコミュニケーションの円滑な流れや情報の共有がそのプロジェクトの成功に大きくかかわってくる¹⁴⁾。とりわけ、開発するソフトウェアの基本的な考え方、開発内容、実現方式などについて話し合い、決定する上流工程におけるコミュニケーションが重要となる。このことを教育の場でも認識させ、そして、それを支援するシステムを提供することが重要である。本教育におけるコミュニケーション支援として、学習者間でのコミュニケーションのみでなく、学習者と教授者側（教官と TA）とのコミュニケーション支援も重要なことが分かっている。本論文では、著者らのこれまでの教育実践の経験に基づいたグループ形式によるソフトウェア設計・開発演習教育におけるコミュニケーション支援システムを提案し、開発したシステムを実際の授業に適用した結果について述べる。

本論文の構成を示す。2章では、本研究で開発したシステムを適用している授業の概要について述べる。3章では、対象授業におけるコミュニケーションの分析、本授業を支援するシステムの過去の版における問題点について述べ、コミュニケーション支援システムへの要件について述べる。4章では、3章の要件に基づいて開発したコミュニケーション支援システムについて述べる。5章では開発したシステムを実際の授業に適用した結果と考察について述べる。

2. 授業の概要

本章では、著者らが取り組んでいる授業の概要について述べる。授業の詳細については文献 9) を参照されたい。

本科目は東京学芸大学教育情報科学専攻（学生定員 40 名）3 年生対象の通年（4 単位）の選択科目である。本科目はプログラミング関連の科目に続き行われるものであり、中規模から大規模ソフトウェアの開発に関連する技術（ソフトウェア工学）を教授することを目的とする。この授業は従来型の形態の授業である。すなわち、週 1 回受講者と教授者が教室に集まって講義、演習を行う。

前期にはまず、ソフトウェア開発のライフサイクルモデルに関する講義の後に、構造化分析、ER モデル、オブジェクト指向開発方法論などソフトウェア開発における上流工程での分析、設計方法論を中心に講義を行い、前期のまとめとして酒倉庫問題²¹⁾に記述された業務をグループ単位で OMT（Object Modeling

Technique）法¹⁶⁾を用いて分析し、結果を発表することをやっている。そして前期の最後に、後期に取り組む演習課題を提示するとともに、グループ編成を行う。後期は、グループによるシステム設計・開発演習を中心に、その進展にあわせて進捗管理、品質管理、メトリクスなどプロジェクト管理の知識や、レビューやテストなどの検証技術について講義するとともに、グループ演習にそれらを実際に取り込み、実践している。後期の演習課題の、他の授業の演習課題に比べて特徴的なことは、完成までに数カ月の期間を要し、完成に至るまでの計画を自ら立案し、必要に応じて、課題遂行のために授業時間以外にも学習時間を割くことが求められることである。

各年度に課した課題は次のとおりである。会議室予約システム（1997 年度）、障害処理票管理システム（1997 年度）、新幹線座席予約システム（1998 年度、2000 年度）、酒倉庫問題²¹⁾（1998 年度、1999 年度）、レストラン情報管理システム（1999 年度）、図書館情報管理システム（1999 年度）、研究費予算管理システム（2000 年度）、時間割編成支援システム（2000 年度）。

各グループに対して主要マイルストーンとして、計画立案終了時、分析と外部設計終了時、開発完了時の 3 つを設け、その段階での成果を全員の前で発表させるとともに、隔週で進捗状況報告も課し、教師と学習者間での議論を行っている。ソフトウェア開発プロジェクトでは上流工程での作業の質がプロジェクト全体の成否の鍵を握っているため、とりわけ、分析と外部設計終了時における成果の確認に注力している。この段階では、学習者グループと教授者側とで設計インスペクション⁵⁾を行っている。この授業において教授者（TA を含む）は、システムの利用者である顧客であり、技術アドバイザーであり、また、管理者でもある。

3. ソフトウェア設計・開発演習教育におけるコミュニケーション支援システムへの要件

3.1 これまでに開発したシステムの問題

1999 年度に開発し、適用を行ったグループ学習支援システムのコミュニケーション支援システムはその有効性を示さなかった（このシステムは、グループごとに議論などを行える掲示板である。書き込みを通知する機能は提供されていない）。その理由として、システム適用後のアンケートより、以下があげられた。

- ① E-mail や対面によるコミュニケーションの手段があり、必要がなかった（授業実施にあたり教授者側がグループ用、クラス全体のメーリングリストを提供した）。

② 返事が遅くなる場合が考えられたから。

① に関しては、電子メールはその使いやすさから多くの人により利用されているが、情報管理は個人に委ねられている。また、交わされる内容を当事者以外が参照することは一般的に困難である。著者らは、本教育のような知識集約性の高い教育においては、あるグループの議論の経過をグループ外部にも公開し、グループを越えて情報や知識の共有を図ることが重要と考えており、そのためには電子メールでのコミュニケーションは十分ではないと考えている。また、対面コミュニケーションについては、本システムはそれを補完するものである。

② に関しては、それを防ぐ機能について 4.2 節で述べる。

3.2 ソフトウェア設計・開発演習教育におけるコミュニケーション形態の分析

1999 年度における本授業のグループ演習の観察分析から、以下のコミュニケーションの形態があることが分かった。

(a) 質問—解答

設計作業などで技術的に分からないところを補い合う。それには、個人間コミュニケーション、グループ内コミュニケーション、グループ間(同システム作成グループ、同言語使用グループ)コミュニケーション、教授者側とのコミュニケーションが見られた。

(b) 提案—意見

ある提案を基に議論が発生し、意見交換が行われる。

(c) 教授者からの連絡—確認

教授者側から授業の予定や(授業時間以外に)次の授業までの指示が出され、グループメンバは必要に応じてそれに返答する。また、教師はある個人やグループから質問されたことの中で、受講生全員に周知すべきことを伝える手段が必要である。本演習は時間的な制約が非常に厳しい中で行っており、1週間に1度の授業時間内でのコミュニケーションのみでは十分でない。

近年遠隔教育支援システムの研究が活発に行われてきている。その中で SEGODON は半期のすべての講義を遠隔分散環境下で行うことを目指した研究である²²⁾。SEGODON は教室と教官がネットワークで接続され、教授者が遠隔地からネットワークを通じて講義資料を提示し、音声や動画情報を配信して授業を行っている。そして、生徒からの質疑応答やレポート提出機能を提供している。SEGODON が対象としているのは従来教室で行われている講義にかかわる教授者と学生が、地理的に分散しているという講義形態で

ある。学生は同一の課題を行う。それに対して、本システムが対象とするシステム開発演習教育は、受講者がグループを形成するグループ学習であり、各グループの活動は非同期である。またグループ内のメンバの作業は対面式の作業もあるが、多くは非同期である。さらに、グループは教官から提示された複数の課題から選択して課題に取り組む。かつ、その分析、設計内容はグループごとのオリジナルなものであり、教授者は知識の伝達者としてだけでなく、きわめて多様な状況にきめこまかく対応する必要がある¹⁹⁾。その支援は多様で、複合的である。

(d) インスペクション

インスペクションとは、要求仕様書、設計書、ソースプログラムなどに含まれる間違いや矛盾を検出し、それをその著者や著者グループに対して指摘を行うものである⁵⁾。ソフトウェア工学において、インスペクションは問題点を検出する有効な手段と認識されている。我々の経験からも、受講者は彼らの開発活動の中でインスペクションは重要な作業だと認識していることが分かっている⁹⁾。

インスペクション活動を支援するシステムが CSCW、ソフトウェア工学、ソフトウェア工学教育の分野でこれまでに数多く研究開発されてきた^{1),3),10),15),17),18)}。これらに共通する特徴として、ネットワークに接続されたワークステーションを用いたインスペクションの実施、電子成果物に対するインスペクションの実現(コメントの記述)、コメントの共有化、議論支援があげられる。これらの機能をもとに hyperCode は、Web 上で動作する非同期分散形式でのコードインスペクション(テキストファイル)を支援する環境である。この論文の中で、非同期インスペクションは対面方式に比べて費用対効果が高いという結果を示している¹⁵⁾。AISA は非同期分散形式で、かつ、テキスト情報のみでなく非テキスト情報も扱った文書に対する Web 上で動作するインスペクション支援環境である¹⁸⁾。本論文で提案するインスペクション支援機能の設計方針は、AISA と同じでテキスト情報のみでなく非テキスト情報も扱った文書を対象とした Web 上での非同期分散方式である。その理由は以下のとおりである。

- 著者らの授業では、分析ならびに設計終了時にインスペクションを行っているが、授業内での対面によるインスペクションは1グループ約1時間かかっており、同一グループに対して何度か繰り返し行う必要がある場合もあるため、授業の枠数の制約からすべてを授業時間内に行うことは不可能である。また、授業以外の時間に教師、TA、学

習グループが一堂に会する時間を設定することも困難である。したがって、インスペクションは非同期分散方式とする。

- 学習者は大学内のみでなく、自宅からも演習課題に取り組んでいる。そのため、システムをいつでも、どこからでも使える環境として Web 上で動作するシステムとする。
- 1章で述べたように、ソフトウェア開発において上流工程での作業の質がプロジェクトの成否に大きな影響を及ぼす。とりわけシステム開発に初めて取り組む学生に対しては、上流工程での教授者からのフィードバックは有効と考える。上流工程の成果物は文字情報のみでなく、図表、ダイアグラム、画像情報などマルチメディアを用いて作成されるので、それらをも扱えるようにする。

これまでの研究で提案されてきたインスペクション支援機能に加えて、著者らの教育実践経験から、ソフトウェア工学教育におけるインスペクション支援として以下の2つの支援がとりわけ重要であることが分かったが、これまでの研究ではそれへの支援を提供していない。

* 教授者側は並行して行われている複数のグループの(場合によっては複数の)成果物に対してインスペクションを行うが、インスペクションの状況(どのグループのどの成果物に対してインスペクションが終了し、どの成果物はインスペクションが未完了か、インスペクタとしてどの成果物にコメントを行ったか、他のインスペクタの状況はどうか)を把握できる必要がある。しかし、グループの数ならびに成果物の数が多くなればなるほど、それは困難な作業である。

* ある成果物は、それが完成するまでに複数回のインスペクションが行われることがある。このとき、教授者側を効率的に支援するために、成果物とそれに対するコメントの対応付けをシステムが支援する必要がある。すなわち、ある成果物のある版に対するコメントを次のインスペクション会議に自動的に引き継ぐことにより、教授者側が確認すべき箇所を示すことが可能となる。

4. コミュニケーション支援システムの提案

前章で示した要件を満たすコミュニケーション支援システムを提案する。

本論文で述べるコミュニケーション支援システムは、グループ学習システム⁸⁾の1サブシステムであるので、本章では、まずグループ学習支援システムの概要について述べる。続いてコミュニケーション支援システム

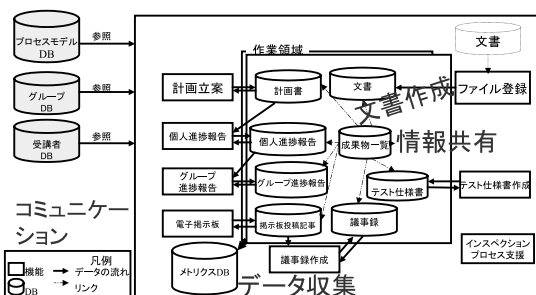


図1 グループ学習支援システムの構成(開発プロセス支援サブシステム)

Fig. 1 Configuration of group learning support system.

の機能、構成について述べる。

4.1 グループ学習支援システム

本システムは、グループ形式のソフトウェア設計、開発演習教育を支援するものであり、グループ編成、電子教科書、開発プロセス支援の3つのサブシステムから構成されている⁸⁾。

このうち、学習者の開発演習を支援するのが開発プロセスサブシステムである。このサブシステムではテンプレートに基づく文書作成支援、情報共有、コミュニケーション支援、学習プロセスを定量的に計測するデータ収集機能が提供されている(図1)。本論文では、このうち、コミュニケーション支援を対象を限定してその機能、構造を述べる。

4.2 コミュニケーション支援

本システムが対象とするコミュニケーションは、ブレインストーミングや同期型で行われる会議(受講生は、この種の会議は対面で行う傾向が強く、また、それが可能な環境下にある)を支援するのではなく、それを補完するコミュニケーションを支援対象とする。3章で掲げたコミュニケーション形態を支援する基本機能について述べる。

- (1) 個人宛、グループ宛、自グループ以外との連絡(質疑応答)用、教授者側との連絡(質疑応答)用、インスペクションと、用途ごとの掲示板を用意し、それぞれをフレームで分ける。教授者側との連絡、自グループ以外との連絡用掲示板をおくことにより、「教授者—グループ」「自グループ—他グループ」間といった、グループ間コミュニケーションを支援することができる。
- (2) 質疑応答用掲示板では、記事単位に議論の履歴を閲覧できるようにした。これは、情報の参照、共有を容易にすることを意図している。
- (3) 自分宛のメッセージが掲示板に書き込まれたことを知らせるメールを自動送信する。これは、

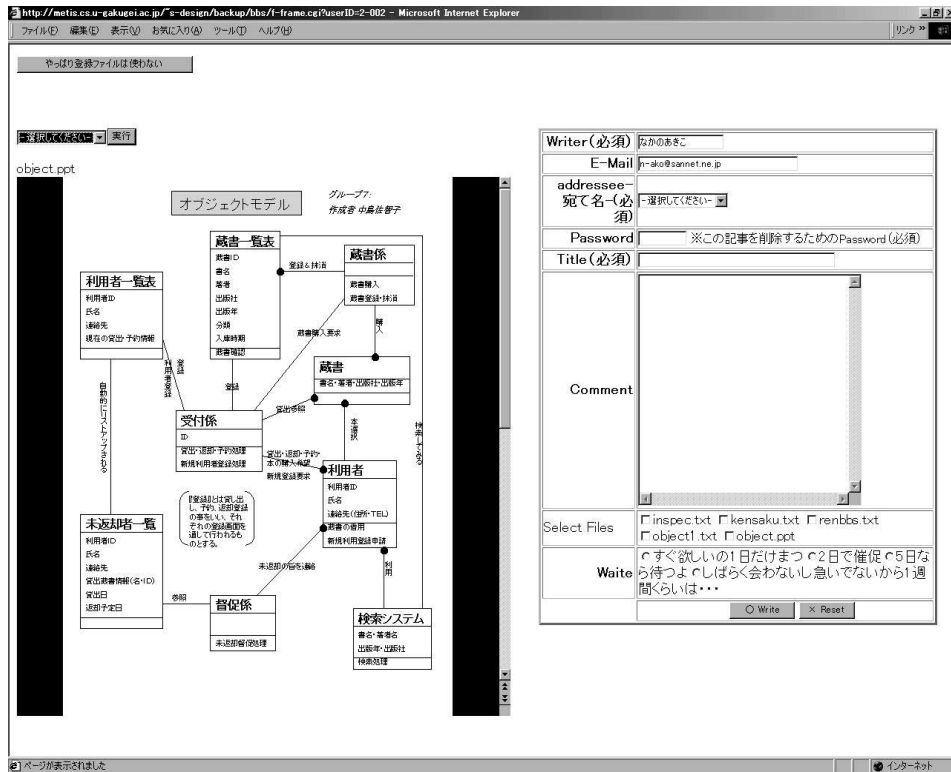


図2 図を用いた成果物に対する書き込みの画面

Fig. 2 Screen image of comments description function.

掲示板はプル型のメディアであり、メッセージの書き込みをユーザに気づかせる手段が必要なのである。

- (4) 質問や依頼に対する回答がある一定の期間(発信者が指定できる)なかったときに、返信を督促する旨のメールが自動送信される機能を付加する。これは3.1節で述べた返事が来ないという問題に対応するものである。
- (5) ソフトウェア開発の上流工程で作成される要求仕様書や設計書などの成果物は、文字情報のみでなく、図、表、画像のようなマルチメディアを駆使して作成される。そこでこのようなマルチメディア情報を扱った成果物を用いた議論ができるよう、「外部ファイル登録機能」として、グループがワードプロセッサやプレゼンテーションツールなどを用いて作成した資料やソースプログラムなどを共有できるようにした。図2に一例として、この機能を利用した図を用いた成果物に対する書き込み画面を示す。
- (6) 検索機能：別々のフレームに分かれた書き込みを、一括して検索できる。また、そこから直接

返信することもできる。

(1)~(6)の機能によって、管理機能と通知機能を備えた電子掲示板を提供することで、これまでメールでやりとりしていた議論や成果物をすべて本システム上で管理でき、3.1節で示した「知識の管理や再利用・共有」の問題が解決されることが期待できる。

コミュニケーションの一形態として掲げたインスペクションは、(1)~(6)を組み合わせることで実現しており、これについては次節で詳細に述べる。

4.3 インスペクション支援

3.2節で述べた要件を満たすために、インスペクション支援は以下のような機能を提供する。

(1) インスペクションプロセスの支援

インスペクションは図3に示す手順で行われる。インスペクションを受けるグループは、その対象成果物をシステムに登録する。分析、設計段階の仕様書は図やシステムの画面イメージなどを駆使して作成される場合が多く、これらを扱えるワードプロセッサやプレゼンテーションツールで作成した文書を扱えるようにした。インスペクション依頼画面で対象物を指定すると、教授者側に依頼があったことを示す通知が送られ

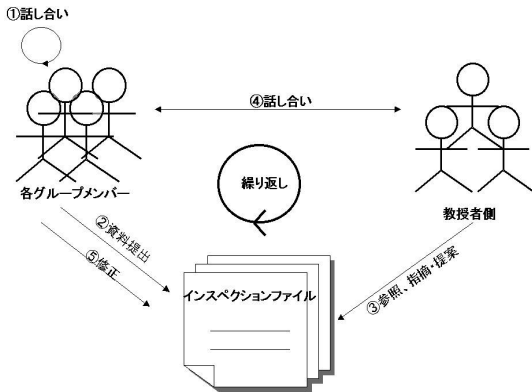


図3 インスペクションプロセス

Fig. 3 The inspection process of our class.

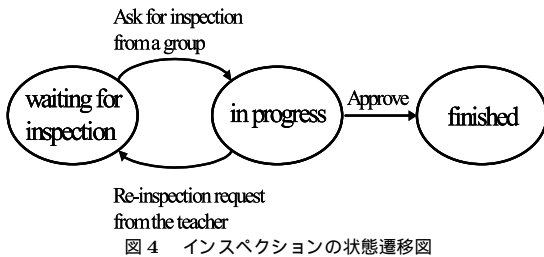


図4 インスペクションの状態遷移図

Fig. 4 The state transition diagram for an inspection artifact.

る。教授者側は、インスペクション対象グループの対象成果物のインスペクションを行うよう指定すると、コメントを記述するウィンドウが開かれる。各インスペクタはそれぞれ独立にコメントを記述し、記述後、再度インスペクションが必要か否かを示すボタンを押す。インスペクタは他のインスペクタのコメントを参照することができる。すべてのインスペクタのコメントが揃うと、グループに結果を示す通知が自動的に送られる。再度インスペクションが不要と回答したインスペクタは、再インスペクションが行われる際アクションをとる必要はないが、コメントを加えることもできる。インスペクションが完了した成果物はグループ外にも公開される。

(2) 状況把握支援

教授者側は全グループに対してインスペクションを行う。そして、1つのグループは複数の成果物をインスペクション対象とする場合がある。このため、教師側は状況把握に困難をきたす。そこで状況を表示する機能を提供した。図4に示した状態遷移図の状態値で対象グループの対象成果物の状況を表示する。この図で「インスペクション待 (Waiting for inspection)」は当該成果物の作成もしくは修正中を表す。学習者グ

ファイル名	インスペクション回数	教師	TA1	TA2	TA3	状態
tanta.doc	1					1回目コメント中
object.doc	4	修正不必要	修正不必要		修正不必要	修正済み、コメント中
shiyousho.doc	3	修正不必要	修正不必要	修正不必要	修正不必要	インスペクション完了
shinario.doc	3	修正不必要	修正不必要	修正不必要	修正不必要	インスペクション完了
dataflow.doc	3	修正不必要	修正不必要	修正不必要	修正不必要	インスペクション完了
database.doc	3	修正不必要	修正不必要	修正不必要	修正不必要	インスペクション完了
event.doc	3	修正不必要	修正不必要	修正不必要	修正不必要	インスペクション完了
iyoutai.doc	3	修正不必要	修正不必要	修正不必要	修正不必要	インスペクション完了
gamendoc	3	修正不必要	修正不必要	修正不必要	修正不必要	インスペクション完了

図5 インスペクションの状況一覧の画面

Fig. 5 Screen image of monitoring the inspection process.

ループがインスペクションを依頼すると「インスペクション中 (In progress)」という状態になる。インスペクション対象物が承認 (すべてのインスペクタが再インスペクション不要と判断) すると「インスペクション完了 (Finished)」という状態に遷移する。また、インスペクションの回数もあわせて表示する (図5)。

(3) 版管理、構成管理支援

ソフトウェア開発で作成される文書やプログラムは開発の進展にともない、その内容の改訂が必要となることがしばしば生じる。そこで、版管理が必要となってくる。インスペクション時にも、インスペクションでの結果を反映することにより成果物は複数の版を持つことになり版管理が必要となってくる。また、インスペクションの結果、新たな文書が作成されたり、不要な文書が削除されたりすることもある。このことはプログラムのみでなく、文書に対しても構成管理が重要となることを意味する。

版/構成管理に関しては、複数の作業員により成果物作成を分担開発することによる一貫性管理が重要であり、多くの研究がなされてきた^{4),6),13)}。本論文が対象とする演習においても学習者が分担して複数の成果物を作成する際の一貫性管理は大きな問題となるが、この問題については今後の課題とし、本論文の対象外とする。本論文では著者らの教育実践経験から版/構成管理の別の課題として、教授者が複数のグループによる複数の成果物に対するインスペクションを行う際 (グループ内で成果物を提出することが同意されているものとする) の作業効率向上のために、版管理された成果物とインスペクションのコメントとの関連付けを支援する機能を提案する。

インスペクションの結果に基づき、成果物を更新し、再度インスペクションを行うことがある。そのとき文書の版管理とあわせて、インスペクションでのコメン

とも引き継がれる必要がある．なぜならば，インスペクタは前版に対する指摘事項を確認しながら新たに提出された文書の確認を行えるようにするためである（図6）．さらに，任意の時点における有効な成果物とその版数の集合を識別できるようにした．そして成果物の版管理とインスペクションコメントが関連付けられるようにするために，ファイル名と版数の管理をシステムが行うようにした．なぜならば，成果物の修正版をシステムに登録する際，ユーザにファイル名を指定させたときにファイル名を変えてしまったために，コメントとの対応関係が途切れてしまうことがあったからである．

4.4 開発言語と動作環境

本システムは，Perl と JavaScript で記述した CGI プログラムとして実装した．システムは OS が Solaris ， Web サーバは Apache 上で動作している．すべてのデータは，サーバ側で管理している．本コミュニケーション支援システムのデータモデルを図7に示す．クライアント側からは Internet Explorer を用いてアクセスでき，クライアント側には特別なソフトウェアをインストールする必要はない．

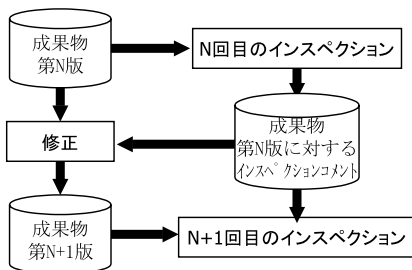


図6 成果物とインスペクションコメントとの関連付け
Fig. 6 The relationships between artifacts and the inspection comments.

5. 評価

本システムを 2000 年度の授業に適用を行った（受講者 23 名）．以下で蓄積されたデータ，アクセスログならびに授業終了後に行ったアンケート結果から得られた知見について述べる．

5.1 コミュニケーション手段の推移

図8は1999年度と2000年度の演習において発信されたメッセージの伝達手段の割合を示している．発信されたメッセージ数は1999年度の80件から2000年度は528件と6倍以上に増えている．そして，メッセージの発信手段が1999年度は75%が電子メールを用いたものであったのに対して，2000年度には，電子メールは35%に減少し，掲示板を用いた本システムの利用が65%となった．

5.2 メッセージの発信対象について

図9にグループごとのメッセージの発信対象を示す．この図から発信されるメッセージの半分以上はグ

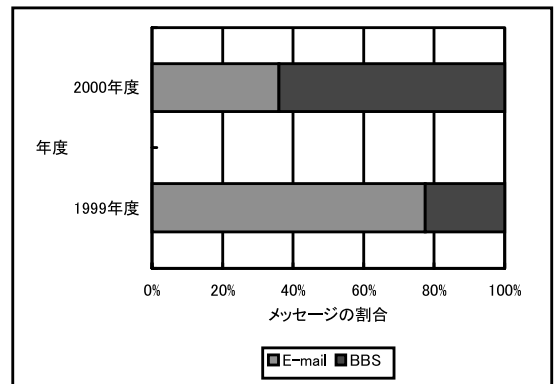


図8 コミュニケーション手段の推移
Fig. 8 The transition of means of communication.

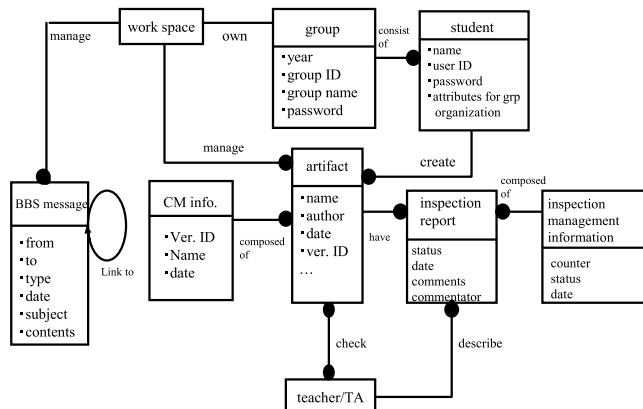


図7 データモデル
Fig. 7 The data model.

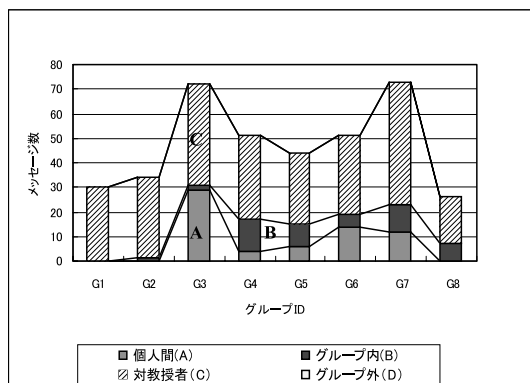


図9 2000年度クラスのグループごとのコミュニケーション対象
Fig. 9 The parties of communication of each group.

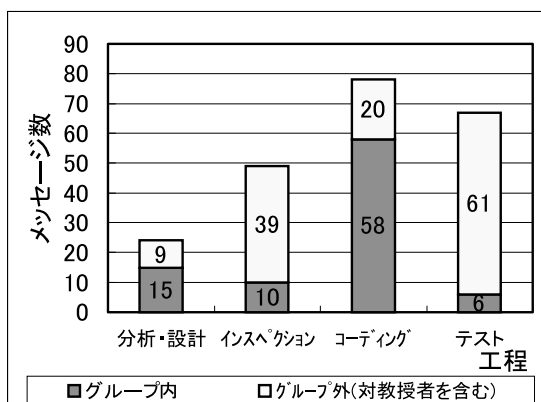


図11 工程別の発信メッセージ数
Fig. 11 The number of messages by phases.

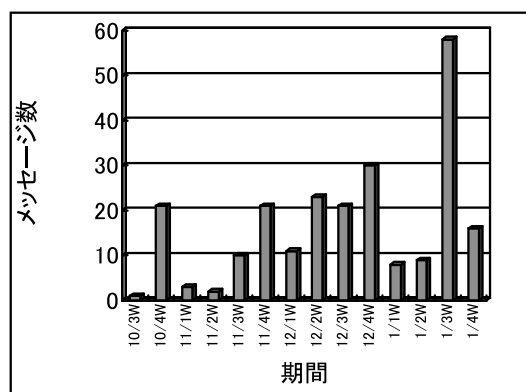


図10 期間ごとの発信メッセージ数
Fig. 10 The number of messages by calendar.

グループと教授者側とのものであることが分かった。

5.3 メッセージ数の時間（期間/工程別）推移

図10は1週間を単位とした週あたりの発信メッセージ数を示している（5週目がある月はその期間の発信されたメッセージ数は4週目に加えた）。演習は後期（本学の場合10月の第3週目）から開始し、1月の第4週目が最終成果物の提出期限である。また、12月第4週から1月の第2週の途中までが冬休み期間である。

図11は、各工程で本システムを用いて交わされたメッセージの数を示している（図9では同一メッセージが複数グループに送られた場合、各グループに1ずつカウントしているが、ここでは複数グループに同一メッセージが送られた場合、それらを1とカウントしている）。

この図から以下のことが分かる。

- 週単位で見ると、1月第3週に最も多くのメッセージがやりとりされている。この時期は最終成果提出を直前に控えテストを行っている時期である。

テスト工程では、他の工程に比べて、教授者側とのコミュニケーションが圧倒的に多い（図11）。これは、システムテストにおいて教授者側が、グループが作成したシステムのテストを行い、障害を報告し¹²⁾、その問題解決のためのコミュニケーション（障害内容に関する質疑応答やコメント）という本授業特有の性質のコミュニケーションによるものである。

- 次に12月第4週目が多いが、この期間は冬休みに入っているため、グループメンバーが対面で会うことができにくい状況である。工程としてはほとんどのグループがコーディング段階であるが、遠隔分散環境下でのコミュニケーション手段として本システムが活用されていることが分かった（数は多くはないが1月第1週目も同じような状況下でのコミュニケーションに使われている）。
- 10月第3週の演習開始から11月第2週目あたりでは、他の期間に比べると本コミュニケーション支援はあまり多く使われていない。この時期は分析段階であり、対面による会議形式のコミュニケーションが中心であるため、本コミュニケーション支援を使う必要性があまりないことを表していると考えられる。
- コーディング工程で最も多くのメッセージが交わされている。次いで、インスペクション、テスト工程と続いている。コーディングとテストは、他の工程に比べて個人学習の比重が多く、メンバーが対面で集まらなくとも本ツールを用いたコミュニケーションで、その目的が達成できたものと考えられる。特に、コーディング工程が冬休みをまたがっており、グループメンバーが会いにくい状況であったことも一因であると考えられる。コーディ

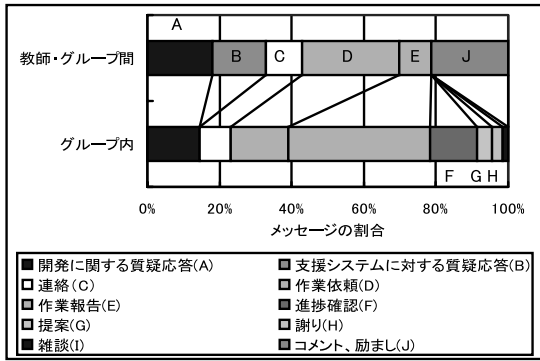


図 12 メッセージの内容分類

Fig. 12 Classification on the contents of the messages.

ング工程ではグループメンバ内でのメッセージ数が、グループと教授者側とのそれよりも特に多いことが分かる。また分析・設計もグループ内でのメッセージ数がグループ外のそれよりも多い。一方、インスペクションやテスト工程といった検証を行う工程では、グループと教授者側とのコミュニケーションがグループ内でのコミュニケーションよりも多いことが分かる。このことは、コーディング、分析・設計工程はグループ内での問題解決の傾向が強い作業であり、インスペクションやテスト工程は教授者側にアドバイスや指示を仰ぐ傾向の強い作業であることを示していると考えられる。

5.4 交信メッセージの内容に関する評価

図 12 は、本コミュニケーション支援システムに蓄積された教授者とグループ間ならびにグループ内で交信されたメッセージの内容に基づく分類結果を示している。この図からグループ内ではたとえば「ユーザの作成、変更がブラウザからできるようになりました」のような作業報告に関する内容が最も多く、次に進捗状況を確認する内容、作業依頼、質疑応答と続いた。一方、教授者とグループ間では、教授者からの作業依頼（たとえば「先日話し合ったことを議事録に残しておくようにお願いします」のような記述）が最も多く、次いで成果物（主に会議議事録、進捗報告、障害報告）に対するコメントや励ましのメッセージが多く、開発にかかわる質疑応答（課題に関する質疑応答、プログラミングに関する質疑応答など）と続いた。

雑談のようなジャンクメッセージはほとんどなく、演習にかかわるコミュニケーションが行われていることが分かった。

5.5 支援システムの学習効果/学習効率に対する有効性について

掲示板ベースのコミュニケーション支援ならびにイ

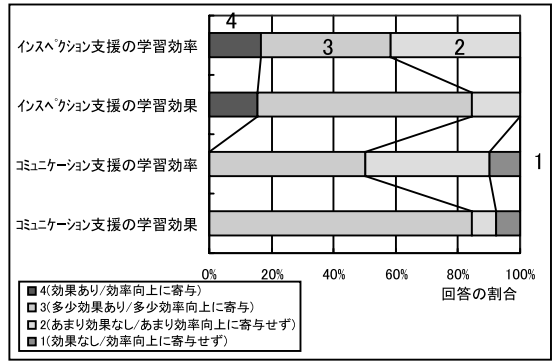


図 13 コミュニケーション支援、インスペクション支援の学習効果、効率に関するアンケート結果

Fig. 13 The result of the questionnaire with respect to effectiveness and efficiency of communication support and inspection support facilities.

ンスペクション支援に対して、学習効果ならびに学習効率に対する有効性を把握するためにアンケート調査を実施した。それぞれの支援に対する効果ならびに効率について 4 段階評価（4 点が最高点）と、効果ならびに効率向上が認められたと回答した回答者に対してその側面を、効果がなかったと回答した回答者（1 または 2 点と評価した学習者）に対して、その理由を尋ねた。

図 13 は、コミュニケーション支援とインスペクション支援機能が学習効果、学習効率向上をもたらしたか否かについて行ったアンケート結果を示したものである（23 名中 13 名から回答があった）。コミュニケーション支援、インスペクション支援機能により 80% 以上の学習者は学習効果があったと回答した。

コミュニケーション支援の学習効果としては、「教授者に対しても含めて情報交換が気軽にできる（7 名回答）」、「いつでも、どこからでも、とりわけ特徴的なこととして、冬休みの帰省中（国内、中国への帰省者）メールは見るができなかったが、本システムのおかげでコミュニケーションをとることができた（3 名）」、「他者の状況が分かる（4 名）」という理由の回答があった。

インスペクション支援の学習効果としては、「教師や TA がコメントを書くので、手間が省けるし、その意図を確実に理解できるし、後から見直すこともできる（6 名）」、「時間、場所の制約からの解放（3 名）」、「指摘を共有できる（3 名）」、「個々の成果物に対する、個々のインスペクタの状況が分かった（3 名）」、「各成果物に対するインスペクションの状況が分かるため、早く終わらせようというモチベーション向上にもつながった（1 名）」、「いろいろな意見を聞くことができた（1

名)」という理由に関する回答があった。

学習効率向上に対しては、両機能ともに回答者の50%程度しか効率向上に寄与したと認めなかった。このうち、コミュニケーション支援の学習効率向上については、「管理が楽」、「宛先は選択式のため、宛先入力楽」、「メモをとる必要がなかった」という理由の回答があった。インスペクションの学習効率向上に対しては「文書管理の自動化」、「作業を並行して行うことができた」があげられた反面「非同期によるコミュニケーションのため、インスペクション完了までの時間がかかってしまった」、「自分たちの意図が十分伝わらなくて何度もインスペクションをすることになってしまった」という意見もあった。この結果から、オンラインによるインスペクションが成功するためには、教授者側は学習者グループからの要請に迅速に対応するとともに、オンラインインスペクションでは、文書に記述されていることのみで読み手に理解してもらう必要があるため、学習者は文書による説明能力を高める必要がある。実際にスムーズにインスペクションが進んだグループの成果物は、モデル図に加え、その具体例が示されていた。

また、TAとして参画してくれた3名の学生に対して、教授者側からの効率に関するアンケート調査を行った。対象人数が少ないため、効率を数値データとして表現することはできないが、図5で示したインスペクション状況一覧表示機能は、教師も含めてほとんどが有効な機能と回答した。この機能は教授者側の状況把握支援を意図して提供したものであるが、受講生に対するアンケートの結果から、この機能は学習者に対しても、自グループの成果物に対する状況が把握しやすく、さらには、早く教授者から合格をもらいたいという動機付けとしても働いていることが分かった。また、同一の成果物に対してインスペクションを繰り返し行う場合、前回のインスペクションコメントを参照する機能も作業効率向上に寄与したとほとんどのインスペクタが回答した。「この機能がなければ、インスペクタが前回の指摘事項を自ら探すか、変更履歴が的確に記述されることが求められることになるが、これはインスペクタもしくは成果物作成者に作業負荷を強いることになる」という回答があった。以上のアンケート結果から、非同期分散方式によるコミュニケーション支援、インスペクション支援（非同期分散形態でのインスペクションの実施、インスペクション状況の一覧表示、成果物とコメントとの対応付け）は学習者、教授者にとって有効であることが分かった。

6. おわりに

本論文では大学におけるソフトウェア設計・開発グループ演習におけるコミュニケーション支援システムの提案、開発、適用結果について述べた。今回提案したコミュニケーション支援システムは、電子メールによるコミュニケーションの多くを置き換えることができ、情報、知識の蓄積、管理の第1歩を提供する見通しを開いた。特に、コーディングや分析・設計におけるグループ内での問題解決、ならびにインスペクションやテストなどの検証を行う工程における教授者側とのコミュニケーションにおいて活用されていることが分かった。また、非同期分散形態でのインスペクション支援は、インスペクション実施に対して時間、場所の制約からの解消、教師がコメントを書くことにより、意図が確実に理解でき、後から見直すことができ、コメントを共有することができるなど学習効果向上に寄与した。さらに、インスペクション状況表示機能は、教授者側の自身の作業遂行状況の把握を可能とするという著者の目標達成に加えて、学習者から見ても、自グループの成果物のインスペクション状況が分かる（だれがコメントを与えてくれて、だれが未完了なのかが一目で分かる）こと、さらには学習の動機付けにも有効であることが分かった。

残された主な課題として、以下の点に取り組んでいきたい。

● 一貫性管理の支援

本論文では、要求仕様書や設計書など非テキスト成果物は市販のワードプロセッサやプレゼンテーションツールを用いて作成することを前提にしている。複数人により分担して成果物を作成する場合、現状では成果物間の一貫性管理を支援することができない。この問題を解決するためには、要求仕様書や設計書を作成することができ、一貫性管理を支援できるツール開発が必要となる。

● 他ツールとの連携の強化

教師は、学生が提出する各種文書に対するコメントや激励のメッセージを、本システムを用いて行っていた。しかし、文書作成ツールと掲示板との連携がなく、利用者から不便であるという指摘がなされた。

● 学習効果の測定

本論文では、システム活用による学習効果向上の評価をアンケート調査により行ったが、学習効果を定量的に測定する指標について検討していきたい。

● 蓄積データの有効活用

本システムに蓄積されたデータが後続の学習者に、

有効活用できるような仕掛けの検討を進めていきたい。

ソフトウェア開発は、計画立案から始まり、分析、設計、開発、テストと一連の過程を経るため、本論文で述べたコミュニケーション支援、インスペクション支援は学習支援システムの1機能という位置付けであるが、この機能単独でも使うことができるであろう。近年総合的な学習の導入に代表されるように、個人を対象とした知識獲得型の教育からグループによる協調問題解決型の学習へと学習形態が変化しつつある。そして、学習者が主体となり、教師は学習者を支援するという方向へと進みつつある。本論文で述べたコミュニケーション支援とインスペクション支援は、そのような新しい学習形態に適用可能であると考えられる。

謝辞 本研究の一部は、平成12年度文部科学省科学研究費補助金(援助研究(A))課題番号12780120)の援助を受けている。ここに記して謝意を表す。システムの実装にあたりご助言いただいた東京学芸大学大学院教育学研究科修士課程長田圭史氏に謝意を表す。またアンケートに協力いただいた2000年度TA、受講生に謝意を表す。最後に、示唆に富むご指摘をいただきました査読者の方々に記して謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) Brothers, L., et al.: ICICLE: Groupware for Code Inspection, *ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW'90)*, pp.169-181, ACM Press (1990).
- 2) Brown, J.: Bloodshot Eyes: Workload issues in Computer Science Project Courses, *Proc. 7th Asia Pacific Software Engineering Conference (APSEC2000)*, Singapore, pp.46-52, IEEE Computer Society Press (Dec. 2000).
- 3) Dewan, P. and Riedl, J.: Toward Computer-Supported Concurrent Software Engineering, *IEEE Computer*, pp.17-27 (Jan. 1993).
- 4) Dewan, P. and Shen, H.: Controlling Access in Multiuser Interfaces, *ACM Trans. Computer-Human Interaction*, Vol.5, No.1, pp.34-62 (1998).
- 5) Gilb, T. and Graham, D.: *Software Inspection*, Pearson Education Limited (1993). 伊土誠一, 富野 壽(訳): ソフトウェアインスペクション, 共立出版株式会社 (1999).
- 6) Grundy, J. and Hosking, J.: Inconsistency Management for Multiple-View Software Development Environments, *IEEE Trans. Softw. Eng.*, Vol.24, No.11, pp.960-981 (1998).
- 7) Hazeyama, A., Miyadera, Y., Xiangning, L., Yokoyama, S. and Souma, T.: Development of Group Programming Support System, *Proc. 7th International Conference on Computers in Education (ICCE99)*, Vol.1, pp.669-676, IOS Press (Nov. 1999).
- 8) 樋山淳雄, 長田圭史, 宮寺庸造, 横山節雄: 業務ソフトウェア設計・開発教育支援システム, *教育システム情報学会誌*, Vol.17, No.3(秋号), pp.251-262 (2000).
- 9) 樋山淳雄: 業務ソフトウェア設計・開発教育の実践とその評価, *教育システム情報学会誌*, Vol.17, No.3(秋号), pp.367-378 (2000).
- 10) Mashayekhi, V., Drake, J.M., Tsai, W-T. and Riedl, J.: Distributed, Collaborative Software Inspection, *IEEE Software*, pp.66-75 (Sept. 1993).
- 11) 松本吉弘: IT時代に対応する大学のソフトウェアエンジニアリング教育, *情報処理学会誌*, Vol.42, No.1, pp.99-100 (2001).
- 12) 中島佐智子, 長田圭史, 樋山淳雄: 情報システム設計・開発グループ演習支援システム, *情報処理学会第62回全国大会 8P-4* (2001).
- 13) Narayanaswamy, K. and Goldman, N.: "Lazy" Consistency: A Basis for Cooperative Software Development, *Proc. Computer-Supported Cooperative Work*, pp.257-264, ACM Press (1992).
- 14) 落水浩一郎: ネットワークを介した共同作業に対する支援環境の参照モデルに関する一考察, *情報処理学会研究報告ソフトウェア工学 115-10*, pp.73-80 (1997).
- 15) Perpich, J.M., Perry, D.E., Porter, A.A., Votta, L.G. and Wade, M.W.: Anywhere, Anytime Code Inspections: Using the Web to Remove Inspection Bottlenecks in Large-Scale Software Development, *Proc. 19th International Conference on Software Engineering*, pp.14-21 (1997).
- 16) Rumbaugh, J., et al.: *Object Oriented Modeling and Design*, Prentice-Hall (1991).
- 17) Schoenig, S.: Supporting a Software Engineering Course with Lotus Note, *Proc. International Conference on Software Engineering Education and Practice (SEEP1998)*, IEEE Computer Society Press (1998).
- 18) Stein, M., Riedl, J., Harner, S.J. and Mashayekhi, V.: A Case Study of Distributed, Asynchronous Software Inspection, *Proc. 19th International Conference on Software Engineering*, pp.107-117 (1997).
- 19) Strijbos, J.W. and Martens, R.L.: Group-based learning: Dynamic interaction in groups, *Proc. Euro-CSCL 2001* (March 2001).
- 20) Succi, G. and Spasojevic, R.: A Survey on the Effectiveness of the Internet-Based Facilities in Software Engineering Education, *Proc. International Conference on Software Engineering*

Education and Training (CSEET2000), IEEE Computer Society Press (2000).

- 21) 山崎利治：共通問題によるプログラム設計技法解説，*情報処理*，Vol.25, No.9, p.934 (1984).
- 22) Yoshino, T., Munemori, J., Yuizono, T., Nagasawa, Y., Ito, S. and Yunokuchi, K.: Application of Distance Learning Support System SEGODON to Exercise-type Classes, *Trans. Information Processing Society of Japan*, Vol.40, No.11, pp.3946-3956 (1999).

(平成 13 年 3 月 8 日受付)

(平成 13 年 9 月 12 日採録)



樋山 淳雄 (正会員)

1985 年早稲田大学理工学部工業経営学科卒業。1987 年電気通信大学大学院計算機科学専攻修士課程修了。1987 年日本電気株式会社入社。1990 年～1994 年特別認可法人情報処理振興事業協会 (IPA) 技術センター出向。1994 年～1996 年青山学院大学総合研究所客員研究員。1999 年東京学芸大学教育学部数学・情報科学科助教授。現在に至る。博士 (工学)。1996 年～1998 年電子情報通信学会知能ソフトウェア工学研究専門委員会幹事。ソフトウェアプロセス，グループ学習支援の研究に従事。電子情報通信学会，教育システム情報学会，IEEE Computer Society，ACM 各会員。



中野 秋子

2001 年東京学芸大学教育学部教育情報科学専攻卒業。同年株式会社 PFU に入社，現在に至る。