

ソフトウェア開発作業等の実協調作業分析と

協調作業に対する会議支援システムの構築に関する研究

桑名栄二

内容梗概

近年、個人で仕事を進めるという形態よりもチームやグループで作業を進める形態（協調作業形態）が、どの組織を見ても一般的になりつつある。特に会議は企業における情報伝達、創造、調整、決定を行う重要なプロセスである。また、オフィスワークの総時間の半分近くを会議に費やすという報告もあり（石川 1986）、会議を協調的、創造的、効果的なものにすることが企業活動の成功の鍵を握っていると言っても過言ではない。特にソフトウェア開発作業はその規模・内容の複雑さから、グループで分担・協調し開発作業を進めることが非常に多くなっている。このような背景から、近年、ソフトウェア開発等の協調作業をコンピュータやコンピュータネットワークで支援する技術の確立が求められている。

協調作業の構成要素の一つはグループ（人間）であり、その支援システムの構築にあたっては、グループの振る舞いの理解、理論の構築、システムデザインへの反映、システム評価のスパイラルな繰り返しが重要であると近年言われている（Olson 1991, 1993）。これまで工学的なシステムデザインの技法としては、下記に示す技法が一般的であった。

- (a) 技術指向的なシステムデザイン：部品とか、基本技術が存在するのでそれを用いて新しいシステムを構築するという考え方、
- (b) 直感的なシステムデザイン：直感的なアイデアや新しい機能をシステムとして実現するという考え方、
- (c) アナログカルなシステムデザイン：現実に存在するもの（例えば、機械的に存在するもの）をシステム化（コンピュータ化）するという考え方、
- (d) Rational 的なシステムデザイン：伝統、観察などに基づくシステムデザイン、

しかし、近年、協調作業支援システムの開発に対しては、グループ（人間）がシステムの中心的な役割を果たすという考え方から、グループの振る舞いや、システムとグループの関係を理解

し、その結果やグループに関する理論をシステムデザインに反映させるという考え方が提案されるに至っている。

さて、チームで作業を進めることが一般的であるソフトウェア開発や意思決定作業の支援をターゲットとした研究はこれまで多くなされてきているが、

(1) 実際のグループやチームで行われたソフトウェア開発作業を対象にした実データ（例えば、協調的なソフトウェア開発作業に必要とされる情報や知識にはどのようなものがあるか等）は殆ど報告されていない、

(2) Mantei や Olson の研究など過去数例、協調作業支援システムのデザインモデルや機能モデルの提案はなされているが(Mantei 1992, Olson 1992)、グループの振る舞いデータやグループに関する理論を適用したシステムデザインの提案には至っていない、

等の問題があり、グループによる協調効果を高める協調作業支援システム構築には、上述の(1)、(2) の問題点・視点に立った新しい試みが必要とされた。

本研究は実際の協調型ソフトウェア開発作業や意思決定作業等の分析と、その分析を通して得られた知見及び既知のグループに関する理論等に基づく協調作業支援システムの構築に関するものである。具体的には、協調作業の分析として「協調型ソフトウェア設計作業で取り扱われる共有情報に関する研究」、「意思決定作業における担当者間のコミュニケーション分析に関する研究」、これらの協調作業の分析結果及び組織科学や社会科学などで扱われてきたグループに関する理論を取り入れ、ソフトウェア設計会議などの協調作業で利用される電子会議室環境の開発上の革新を成した「電子会議室環境のデザインとシステムの構築に関する研究」から成る。

協調型ソフトウェア設計作業で取り扱われる共有情報に関する研究

協調型ソフトウェア設計作業で取り扱われる共有情報に関する研究では、大規模な実ソフトウェア開発作業（要求定義及び基本設計フェーズの会議）を対象に、設計担当者間で取り交わされた質問（議事録に記載された質問）の分析及び開発会議会話記録（ビデオテープ記録）の分析について示した。

ソフトウェア要求定義及び設計作業は、技術的な側面のみならず、社会的、組織的、文化的な背景からも影響を受ける作業である。また、その作業は主にグループで行われるために、仕様問題、アプリケーションドメイン知識等の情報共有を目的としたコミュニケーション支援、協調作業支援が重要である。これまでにアプリケーションドメイン知識の表現・共有、仕様問題の記述、

記録、検索、再利用等の支援を目的とした種々の手法やツールが提案されている。例えば、ソフトウェア開発作業で扱われる代表的な知識・情報としては下記のものがある。

- ・ソフトウェア設計判断履歴情報 (*Design Rationale*)
- ・ドメイン知識 (*Knowledge of application Domain*)
- ・ユーザシナリオ (*User Scenario*)
- ・設計技法により生成された知識 (*Knowledge generated by Design methods*)

Design Rationale は設計空間（設計問題、解決案、判断、根拠等）と設計プロセスの記述・表現を狙いとした手法であり、その手法により生成される情報（設計問題解決の判断履歴情報 (*Why*）の記録・再利用を主眼としている。

ドメイン知識の獲得、表現の背景には、Curtis らが実際のソフトウェア開発プロジェクトの分析を通して得た “*the thin spread of application domain knowledge*” がある(Curtis 1988)。協調型ソフトウェア開発ではこの多岐にわたるアプリケーションドメイン知識の共通理解が重要であり、「対象とするシステムは何 (*what*) をすることになっているのか」等を明らかにするために対象ドメインの分析・記述技法が研究されている。

ユーザシナリオはアプリケーションドメイン知識の一つと見なすことも出来るが、「対象とするシステムをどのように (*how*) 利用して、目的とする業務を完了させるのかに関する手順 (シナリオ)」に焦点を当てている点で従来のドメイン知識と異なる。Guindon や Curtis らは、システム設計者と利用者間の知識や情報の共有手段としてシナリオ技法は有効であると述べている (Guindon 1990, Curtis 1988)。

設計技法から得られる知識とは、ER 法、オブジェクト指向設計法、構造化設計法などの従来からの設計技法により生成された知識をさす。

さて、ソフトウェア開発支援の観点からツール開発がこれまで盛んに行われてきているが、ソフトウェア設計者が実際にソフトウェアを開発する場合、彼らが必要とする情報の種類についてのデータは殆ど報告されていないのが現状である。つまり、本来はツール開発の根拠となる仮説を検証することが最優先であるにもかかわらず、テストされていない仮説を支援機能としてツール化しているのが現状である。しかしながら、その仮説を実際のソフトウェア開発を例に直接検証するということは非常に難しいことも事実である。研究室レベルでの仮説の検証はある程度は可能ではあるが、実際のソフトウェア開発と所謂研究室レベルの実験的なソフトウェア開発を比べた場合、その規模（プロジェクト規模、開発規模、開発期間）や問題の複雑性から、得られた

知見・情報がどこまで有効であるかに関し多くの議論がある。そこで、本研究では、実際の協調型ソフトウェア開発作業において、間接的ではあるが、開発者はどのような知識・情報を必要としているのかを計測することにした。具体的には、協調型ソフトウェア開発の上流工程を対象に、開発者間で発せられる質問 (*Questions*) に着目した。ここでは、協調型ソフトウェア開発会議において、ソフトウェア開発者が発する質問は、協調型開発において必要とされる知識・情報の指標となるという仮説に基づく。

協調型ソフトウェア開発作業分析のデータセットとして、日米から2つの異なる実際のソフトウェア設計作業記録を用いた。その二つとは、NTTでの基本ソフトウェアのファイルシステム開発記録(全38回の設計会議(約10ヶ月間)の議事録)、会議会話記録としてMCC(Microelectronics and Computer Corporation)とAndersen Consultingでの設計会議記録ビデオ(全3プロジェクト)である。協調型ソフトウェア設計作業の会議を対象に、その会議中に発せられた質問の分析を通して、協調型ソフトウェア設計作業において開発者間でどのような知識・情報を必要としているのかについて、本研究では次の5つの結果を得た。

- ・ソフトウェア設計判断履歴情報 (*why*) に関する質問はさほど多くない。
- ・協調型ソフトウェア開発作業分析から、上流工程全般にわたり、対象とするシステムは何 (*what*) をすることになっているのか (例えば、外部仕様や機能) を理解しようとする質問が多い。要求定義工程でありながら、システムの詳細設計に関する質問 (どのようにしてシステムを実現するのか (*how*)) (例えば、アルゴリズム、データ構造等) を理解しようとする質問) も多い。
- ・ユーザシナリオに関する質問は要求定義工程から基本設計工程に移るに従って減少する。
- ・モジュールの機能、モジュール間インタフェースに関する質問が要求定義から基本設計工程に従って増加する。
- ・日米の異なるデータ (議事録とビデオテープ記録) から得た分析結果が非常に近い傾向を示した。

これらの結果から、協調型ソフトウェア開発作業(上流工程)支援として次に示す結論を導いた。

- ・ *Understanding the problem domain*: 初期の工程からユーザ参加による協調型ソフトウェア開発がドメイン理解のために重要である。一方で、ドメイン知識としては、設計判断履歴に関する知識・情報はさほど必要とされていない。ドメイン知識・情報共有は、要求定義工程のみならず設計工程、さらにその後の下流工程においても必要とされる機能である。

- ・ *Exploring detailed design* : 要求定義工程や基本設計工程のような開発の初期段階から、開発者はシステムの実現方法や詳細設計方法を頭に描きながら作業しており、CASE ツールや電子会議室などの開発支援環境は開発初期工程からの導入が重要である。
- ・ *Tracking realize relations* : 上流工程の会議において、「ある機能がどのように実行されるのか」についての質問が非常に多いことから、機能実行過程を追跡・共通できるような支援機能 (*Traceability*) の提供が重要である。
- ・ *Capturing and communicating user scenarios* : 利用手順を想定したシナリオに関する知識をソフトウェア開発者間で共有するための環境やツールが重要である。

意思決定作業における担当者間のコミュニケーション分析に関する研究

意思決定作業における担当者間のコミュニケーション分析に関する研究では、電子メールを利用したグループ意思決定作業を対象に、コミュニケーション（電子メールによる会話）の分析とその結果について示した。グループ作業は、同期型コミュニケーション（例えば、対面型の会議）と非同期型コミュニケーション（例えば、電子メールや Web を介しての情報のやり取り）の二つのモードからなると考える。協調型ソフトウェア設計作業で取り扱われる共有情報に関する研究で示した、上流工程を対象とした協調型ソフトウェア開発作業の分析は、主に同期型コミュニケーションを主とする協調作業支援の観点からの分析であった。これに対して、非同期型の協調作業分析の観点から、電子メールを利用したグループ意思決定コミュニケーションデータ（14 人からなるグループで、約 2 ヶ月間に取り交わされた 450 通の電子メールデータ）をプロトコル分析の手法を用いて分析した。分析を通して、共有情報の属性、共有情報の時間的な変化を明らかにし、どのような機能が非同期型の協調作業支援に必要なのか、さらに、非同期コミュニケーションと同期コミュニケーションという二つのモードが存在する場合、協調作業支援システム構築上配慮すべきデザイン問題について検討を行った。

プロトコル分析では、議論空間や議論プロセスを表現する手法として提案されている Design Rationale 技法を拡張した分類法を用いた。具体的には、*Issues*（議題）、*Alternatives*（議題に対する解決策）、*Criteria*（解決策に対する評価意見）、*Project Management*（課題に直接関連しない事項でプロジェクト管理に係る発言）、*Meeting Management*（課題に直接関連しない事項で会議運営に係る発言）、*Summary*（課題、解決策、判断に対する要約的な発言）、*Clarification*（課題、解決策、判断の内容に対する質問と説明）、*Digression*（雑談）、*Goal*（プロジェクトの目標に関する発言）、*Walkthrough*（課題を解決する手順に関する議論）、*Others*（情報の確認要求、アクション

ンの指示、状況報告など)の11種類のノードを定義し、電子メールテキストを各ノード種別で分解した。その結果、450通の電子メールは約1400のノード(会話チャンク)に分解でき、各ノードの頻度分布、時間的变化状況の分析などから、次の結果及び結論を得た。

- Design Rationale の語彙 (*Issues*、*Alternatives*、*Criteria*) で表現できるチャンクは、全体の31%程度でしかなかった。一方、情報要求、情報提供、アクションの依頼・要求などに関するチャンクが全体の57%を占めた。つまり、一見 Design Rationale 技法だけで表現できると考えられがちな意思決定作業を対象にしても Design Rationale 技法だけで表現できない会話が多いと考えられる。
- Design Rationale の語彙で表現できなかったチャンクは、アクティビティの要求や依頼などのアクションに直接関係する会話(59%(全チャンクの35%))と、自発的な状況報告など情報提供に関する会話(35%(全チャンクの20%))に分類できた。この結果から、ソフトウェア設計や意思決定のように議論を中心としたタスクにおいて、Winograd らが指摘した会話を管理するメカニズム(要求・依頼を管理する機構)(Winograd 1986)の他に、質問・回答や情報提供を支援するメカニズムも重要であるとする。
- 全チャンクの28%は他のチャンクとの間に参照関係(他の電子メールの引用など)を持った。このチャンクの約3割は他のチャンクと参照関係を持つという結果から、議論を中心としたタスクにおいては、議論の内容を参照関係や議論構造表現技法などで表現、追跡できる機能支援が必要であるとする。
- 非同期コミュニケーションと同期コミュニケーションの関係を分析するために、電子メールから議事録への参照関係の有無についてサンプル調査した結果、約35%のチャンクに非同期コミュニケーションから同期コミュニケーションへの参照関係が存在することが判明した。この結果から、議論タスクにおいて意見として出された提案に対して、同期・非同期どちらのコミュニケーション状態からでもコメントが付け加えられ、かつその結果は提案と連携して管理できるような支援機能(例えば、電子会議室と共有文書データベースの統合)の必要性を示唆しているとする。

電子会議室環境のデザインとシステムの構築に関する研究

電子会議室環境のデザインとシステムの構築に関する研究では、前述の実際の協調作業分析結果やこれまでに組織科学や社会科学等で扱われてきたグループに関する理論を協調作業支援システムのデザインモデル開発に適用し、実際にシステムを構築し、評価した結果について示した。

これまでに協調作業支援システムのデザインモデルとしては Mantei が代表的ないくつかの類似システムの評価から、5つのデザイン次元（人間工学的デザイン、ユーザインタフェースデザイン、ソフトウェア構成デザイン、ハードウェアデザイン、社会心理学的デザイン）にデザイン項目を整理・統合しているが(Mantei 1992)、下記に示すような問題があった。

グループの振る舞いデータやグループに関する理論を適用したシステムデザインの提案には至っていない。

必要十分なシステムデザイン次元やデザイン項目の提案及びその評価に至っていない。

協調作業支援機能という観点からデザイン項目が表現されていないのでシステム設計者やユーザから見た場合、どのような協調作業にどのような機能が必要なのか、どのような機能が役に立つのか等の検討に利用できない。

このような背景から下記の三点のデータや知見を適用して、**電子会議室環境デザイン、情報&コミュニケーションデザイン、オペレーションデザイン**の三つの次元から構成される電子会議室デザインモデルを開発し、具体的に考慮しなければならないデザイン項目を網羅的に明らかにした。

実際の協調作業の分析結果

組織科学、社会科学、人間工学等で扱われてきたグループに関する理論

Mantei のモデル

- ・ **電子会議室環境デザイン**は、協調作業卓、会議環境、インテリア、メディアシームレス環境のデザインから構成される。協調作業卓デザインとは、各会議参加者がコンピュータによる会議プロセスの支援を受けられるようにするためのデザインであり、組織科学（例えば、リービットの組織構造と、タスク効率/人間のモラルの関係に関する研究(山田 1991)）や社会科学（例えば、Hall のプロクセミックス(Hall 1966)）の結果を電子会議室の協調作業卓デザインに適用した。会議環境デザインとインテリアデザインは人間工学的な側面からのデザイン項目であり、照明、空調設備、音響設備、リラクゼーション空間、カラーイメージスケールの適用などを含む。メディアシームレスデザインでは、ホワイトボードなどの伝統的な会議支援ツールと電子ツールの融合デザインを取り扱う。
- ・ **情報&コミュニケーションデザイン**は、情報の共有、蓄積、検索の支援機能デザイン、会議参加者の個人作業空間と協調作業空間の間の連続性保証、遠隔地とのコミュニケーション支援機能デザイン等から成る。例えば、情報共有方式デザインに関しては、共有ウィンドウや共有エディタなどのアプリケーションソフトウェアとコンピュータネットワークだけで情報

を共有する方式が一般的であるが、実際の協調作業ではコンピュータ情報以外に遠隔地からの TV 会議映像やビデオ映像などの混在も予測される。そこで、映像信号制御装置と共有ウインドウなどの併用による情報共有方式デザインを考案した。また、前述の実際の協調作業の分析から得た要求条件（例えば、非同期・同期モード間のシームレス環境）の実現のために、電子会議室と企業内情報システムとのインタフェースデザインも必要であり、これは情報&コミュニケーションデザイン項目として扱った。

- ・ **オペレーションデザイン**は、電子会議室内の情報処理機器、映像機器、TV 会議装置、環境機器（空調、照明等）のオペレーションデザイン、維持管理デザインを含む。特にオペレーションデザインでは、会議の議長（Facilitator）と各会議参加者の役割、座席位置等を考慮したデザインが要求される。

本研究では、協調作業支援を目的とした電子会議室環境のデザイン項目、実現方式、システムの有効性を検証するために実験システム（NTT 幕張ビルに標準型（最大 16 名まで利用可能）を 1 セット、NTT 研究所に標準型と小型システム（最大 5 名まで利用可能）を各 1 セット、簡易型（標準型の廉価版）を 1 セット、合計 4 セット）を構築し、実際のソフトウェア開発作業を含む協調作業に適用した。

評価は、本システムを用いて何らかの協調作業をしたことのある技術者（サンプル数 17、本システムの開発担当者を除く）を対象に 98 項目からなる調査を実施し分析した。調査では、7 段階からなる評価尺度を用いて因子分析を行った。その結果、6 つの因子（システムの総合的な印象、コミュニケーションへの効果、システムの使い勝手、参加したグループ特性、共有情報の提示方法、協調タスクの結果）により説明が可能であることが判明し、個々の因子について結果を考察した。システム全体の印象及び使い勝手は良好であり、環境デザイン、オペレーションデザインについて、電子会議室デザインモデルの各項目の有効性がある程度示されたと判断したが、情報&コミュニケーション支援の効果については結論を導き出すに至っていない。

まとめ

協調作業の構成要素の一つはグループ（人間）であり、その支援システムの構築にあたっては、グループの振る舞いの理解、理論の構築、システムデザインへの反映、システム評価の繰り返しが必要となってきた。本研究では、ソフトウェア開発において行われる会議等の協調作業を支援するプロトタイプやツールを構築すること、それらを試験的に使うことは非常に重要ではあるが、それにも増して「**実際の開発作業経験に基づく提案、実際の開発作業の実測や分析に基づ**

く提案が、協調型ソフトウェア開発支援に最も効果的ではないか」、つまり、「協調型ソフトウェア開発の経験的な研究」が具体的な協調作業支援システムの開発を綿密に補間できると考え、下記の研究結果を示した。

実際のソフトウェア設計や意思決定等の協調作業の分析を通して、グループ間でどのような共有情報を必要としているのか、どのような支援機能が必要なのかを示した。

電子会議室に関する関連研究成果や電子会議室のプロトタイプシステムの構築経験をベースに電子会議室のデザインにおいて考慮しなければならないデザイン項目を明らかにした。また、の結果や、組織科学、社会科学等の分野で明らかになっているグループに関する理論を指針としてデザイン項目に適用し、その実際のシステムを構築・評価した結果を示した。

、により、「協調作業支援環境の効果的な構築には、グループの振る舞いやシステムとグループの関係を理解し、グループに関する理論を適用し、評価し、システムデザインに反映させるという考え方が重要である」とあらためて確認したと考える。

キーワード：

協調型ソフトウェア開発 (Software development by group) 要求定義技術 (Requirements Engineering) 設計 (Design) ドメイン知識 (Knowledge of application Domain) シナリオ (Scenario of Use) ソフトウェア設計履歴情報利用技術 (Design Rationale) 協調作業プロセス (Collaboration Process) 非同期・同期コミュニケーション (Asynchronous/ Synchronous Communication) グループウェア (Groupware) CSCW (Computer-Supported Cooperative Work) 電子会議室 (Computer-Supported Meeting Environment)

参考文献

- [Curtis 1988] Curtis, B., et al. : A Field Study of the Software Design Process for Large Systems, *Comm., ACM*, Vol.31, pp. 1268-1287 (1988)
- [Guindon 1990] Guindon, R. : Knowledge exploited by experts during software system design, *Int. Journal of Man-Machine Studies*, Vol.33, pp.279-304 (1990)
- [Hall 1966] Hall, E.T : *The Hidden Dimension*, Doubleday & Company, INC, New York (1966)
- [Mantei 1992] Mantei, M. : Computer Supported Meeting Environment, Tutorial Text, *ACM Conf. On Human Factors in Computing Systems*, Monterey (1992)
- [Olson 1991] Olson G. et al. : User-Centered Design of Collaborative Technology, *Journal of Organizational Computing*, Vol.1, No.1 (1991)
- [Olson 1992] Olson G. et al. : Flexible Facilities for Electronic Meetings, Bostrom, R.P. et al (Ed.), *Computer Augmented Teamwork*, Van Nostrand Reinhold, New York (1992)
- [Olson 1993] Olson J.S., Card, S., et al. : Computer-Supported Cooperative Work: Research Issues for the 90s, *Behavior & Information Technology*, Vol.12, No. 2, pp.115-129 (1993)
- [Winograd 1986] Winograd T. et al. : *Understanding Computer and Cognition*, Ablex, NJ (1986)
- [石川 1986] 石川弘義 : 会議の心理学、ちくま文庫 (1986)
- [山田 1991] 山田雄一 : 組織科学の話、日本経済新聞社 (1991)