ネットワークを介した協調活動の実現にむけて

荒木啓二郎、岡村耕二 (奈良先端大)
佐伯元司、三浦信幸 (東工大)
落水浩一郎、篠田陽一、海谷治彦 (北陸先端大)

概　　要

奈良先端大 (荒木研)、東工大 (佐伯研)、北陸先端大 (落水研) の間で実施されている、分散会議や分散ソフトウェア開発に関する共同研究の内容を紹介しつつ、対人コミュニケーションを基礎とするネットワーク社会の構築とマルチメディアの効果、コミュニケーションの記録法と協調支援、ＣＳＣＷプラットフォームの構築におけるソフトウェア ・エージェントの役割等の課題について考察する。

Supporting Cooperative Works Through Computer Network

Keijiro ARAKI, Koji OKAMURA
Nara Institute of Science and Technology

Motoshi SAEKI, Nobuyuki MIURA
Tokyo Institute of Technology

Koichiro OCHIMIZU, Yoichi SHINODA, Haruhiko KAIYA
Japan Advanced Institute of Science and Technology, Hokuriku

In this paper, we introduce the cooperative research project “Bun3” undertaken by NAIST(Araki Lab.), TITECH(Saeki Lab.),JAIST(Ochimizu Lab.). The goal of the project is to build models and systems related to tele-conferencing and distributed software development environments. It includes; studies of relationships between interpersonal communication and effects of communication media, development of monitoring and recording techniques for cooperative works through computer networks, construction of CSCW platforms based on software agents and reflection.

1 はじめに

共同研究のゴール、協調の形態、利用設備と実験計画などをまとめ全体像を示す。

1.1 共同研究の目的

各研究室は以下のような成果をすでに持つ。

- [荒木研] 電子的メディアの特性と対人的コミュニケーションにおける効果に関して種々の有用な知見をすでに蓄積している。例えば、
  1. INS64 や internet などのネットワーク、専用端末や汎用ワークステーションなどの端末、音声や動画像などのメディアをパラメータにして、聞き手の反応の有無やメディアの品質 (音声のとぎれ、画像の乱れ) がコミュニケーションに与える影響を観測することにより、メディアや既存のグループウェアツールの効果と改良への要請を明らかにした。
  2. また、コミュニケーションの目的レベル (伝達、整合、決定、創造、交渉/説得) を明確に分類し、非言語の効果、コンテキストの共有、メッセージ損失の防止などを考慮にいれた対人コミュニケーションモデルの定義を進めている。
- [佐伯研] ソフトウェア仕様獲得を題材として、コミュニケーションの形態に応じた計算機支援環境に成果がある。例えば、
  1. 大量のコミュニケーションが発生する同期式の会議に対しては、ハイパー議事録システムを開発した。また、分担作業において発生する非同期式の会議に対してはメソッドベースシステムを開発中である。
  2. 上記開発と並行して、リアルタイムでなされる発話や情景の記録、目的に応じた記録の構造化等の要素技術の開発を行なってきた。
  3. 種々の開発方法論に適したツールの選択支援、開発活動とコミュニケーションの融合などを目標にした支援環境の構築を目指している。
- [落水研] ソフトウェア分散開発支援のプラットフォームを開発中である。例えば、
  1. 「複数の人間が、アイデアや中間生成物をネットワークを介して共有し、討論や変換活動によってそれらを変化させていくような協調作業を支援する」ためのモデルとプラットフォームを開発中である。コミュニケーション内容の構造的管理、ソフトウェアプロセス実行支援とコミュニケーション支援の融合、情報共有とその制御の支援に特徴がある。プラットフォームのアーキテクチャは、メタレベルアーキテクチャ、アクティブで自律的なソフトウェアモジュール (ソフトウェアエージェント) を基礎にしている。

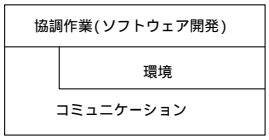


図 1: 相互関係

  2. ソフトウェア分散開発におけるメディアの効果、作業の進捗度と障害要因、分散度に依存する作業形態を特徴づけるパラメータを抽出するためのプロトコル解析実験を実施中である。

三研究室共通の関心はソフトウェア開発の支援であり、その持ち味を組み合せると、図 1 に示す相互関係がある。

協調作業層 ：開発プロセス、CASE ツール、グループウェアツール

環境層 ：オブジェクト管理、ネゴシエーション技術、プロトコル

コミュニケーション層 ：コミュニケーション技術 (画像・音声伝送) テレビ会議技術

ここで問題になるのは (図 1 には明示的に示されていないが)、情報の共有の問題である。共有されるべき情報としては以下のものが挙げられる。

1. 仕様書、設計書、議事録、開発方法論モデルなど支援環境内で蓄積 ・管理されるもの
2. 相互認識、コンテキストなど、コミュニケーションにおいて共有されるべきもの。

2. における人間ならではの情報をいかに抽出し、**1.** の構造に蓄積 ・管理できるのか、またこれらを伝達するための適切なコミュニケーションメディアは何なのかを検討する
ことは 3 研究室の合意事項である。

ソフトウェア開発において各種文書が完璧であって、それらの文書を読みさえすれば十分な理解と認識が誰にでも共通のものとして容易に得られるのであれば、共同作業としてのソフトウェア開発における問題はかなりの部分が解決されるであろう。

ところが現状では、仕様書の記述は曖昧であり、また、不完全である場合が多い。設計や実現においてなされる種々の決定の際の意図や決定事項自体の意義 (本質的にそうする必然性があるのか、たまたまそう決めたのか) などが開発者間で明示的に共有されていることもあまりない。このため、これらの文書の不備を補うために開発者間で問い合わせや確認を行なうことが必要となる。

分散環境のもとで、共同作業としてソフトウェア開発を行なう場合には、これらの問い合わせや確認のためのコミュニケーションを効率良く行なうことが容易ではない。よって、これらのコミュニケーションを支援する環境を構築整備する必要がある。と同時に、ソフトウェア開発において何が明示的に共有されていなければならな

いのかを明らかにして、それらを表現し管理する方法の確立とそのためのツールの開発とを行なう必要がある。

一方、ソフトウェア開発における各種文書として完璧なものがたとえ得られたとしても、それらを獲得するための共同作業にコミュニケーションが伴うし、さらには、完璧な文書のもとで共同開発作業を遂行する際にもコミュニケーションが発生する。よって、共同作業を行なう上で必要なコミュニケーションを明らかにして、それを支援する環境を構築することもまた本質的な課題である。

共同作業を行なう集団が存在すればそこにはその集団特有の「文化」というようなものが自然と形成されよう。そして、それを共有することが、共同作業を進める際の最も基本的な要素である対人的コミュニケーションを円滑に行なうためには必要であり、それを電子的なメディアでどこまでどのようにして支援するか (支援できるのか) ということは興味のある課題である

例えば、これこれの品質と性能を有するコミュニケーションツールを用いて、これこれの共同作業を行なうためには、これこれの「文化的背景」ないし「コンテキスト」を共有しておく必要がある、というような目的に応じたツールの利用法を提案したいと考えている。

本共同研究の目的は、上記ことがらを研究対象としつつ、共同研究の参加者が自身の持つ色々なアイデアを試すための共同実験の場を、**1.3** 節で述べる「実験環境」を構築・利用しつつ発展させていくことにある。まず、現在の参加者の研究テーマ[1]を十分に実験できる環境を整えることがその第一歩であると考えている。

1.2 共同研究の形態

共同研究は以下に述べる形態で進める。

実験環境の整備と利用 3 研究室で協力して分散協調に関する種々の実験を実施するための環境を整備する。実験目的に応じたネットワーク、メディア、ツールの選択を可能にする (1.3 節)。本研究の性格上、安定したシステムのみならずグループメンバーが保有する実験的なプロトタイプも積極的に利用する。研究打ち合せや遠隔プレゼンテーション、共同執筆などを積極的に実施することにより実験環境の充実をはかる。

種々の実験の協調実施 構成員のいずれかが、上記実験環境を利用して、自身の研究課題を実験したいとき、他の構成員はそれに協力する。ネットワークプロトコルおよびシステムまわり、ツール機能・性能の確認、プロトコル解析や心理実験など種々の実験が考えられるが、特定しない。

1.3 利用実験設備

相互接続方法

奈良先端大、東工大、北陸先端大を相互接続する方法としては以下の方法を考えることができる。

ネットワーク	相互接続方法	ネットワークの品質
INS64 を利用する	各大学が、INS64 に加入し、N-ISND 上に、本共同研究に固有なネットワークを構築する	安定した低速 (64,128 Kbps)
Internet を利用する	各大学は現在、WIDE Internet で相互接続されている	不安定な中速 (数 k ~ 数 Mbps)
NTT マルチメディア実験網 (OLU ネット) を利用する	各大学は、NTT マルチメディア実験の一つである On Line University Project のグループ 5(知的ソフトウェア) に参加しているので、その ATM ネットワークを用いて相互接続をする	高速 (数十 Mbps ~)
衛星		遅延がある

ソフトウェア

上記のいずれの相互接続方法でも利用可能なソフトウェアをあげる．

関連ソフト	機能
vat(Visual Audio Tool)	音声会議ツール
vic	ビデオ会議ツール
nv(NetVideo)	ビデオ会議ツール
wb(WhiteBoard)	共有ホワイトボードツール
ShowME	マルチメディア会議システム

分散環境でのメディア転送に、マルチキャスト技術の利用は有効である。上表には、マルチキャストで、音声、映像、文字の伝送を行なうことのできるソフトウェアを挙げている[2]。

1.4 実験計画

- 現在、実験環境の立ち上げと改良を行なっている。すなわち、各研究室がホストになって、遠隔研究打ち合わせ、遠隔プレゼンテーション、遠隔共同執筆[3]等を試験的に実施しつつ、ネットワークの整備、ソフトウェアの改良等を進めている。
- これらの実験を通じて、実験環境構築に関する障害が克服されたのち、各研究室では以下のような実験を実施する。

  荒木研 電子的なメディアの品質がコミュニケーションに与える影響を実験によって明らかにし、それによって得られた知見に基づいて、ソフトウェア開発に伴う各種のコミュニケーションにおいて、それぞれの目的、媒体、方法の関

[1] 具体的内容は、5 節「展望」で述べる

[2] "JP Mbone 実験の手引", *ftp.nic.ad.jp:pub/jepg-ip/mbone-jp-intro.txt*

[3] 本原稿は mailinglist を利用して作成された

係について考察する。コミュニケーションの目的および形態に応じて、メディアの品質のなかで何が重要かを実験的に検証し、その品質を保証するコミュニケーションツールの構成方式の提案と実現を目指す。併せて、メディアの品質と目的に応じたコミュニケーションツールの利用技術についても検討して、より高品質高性能なツールが利用可能になった場合に対するより高度なコミュニケーション支援に対する見通しを与えることを目標とする。

佐伯研 1 地点にソフトウェアの発注者を置き，残りの 2 地点にソフトウェア開発者 (仕様作成者) を設定する、ハイパー議事録システムを用い、発注者を加えた遠隔会議によって、発注者の要求を獲得していく。その後、2 人の開発者は作業分担やスケジュール等をハイパー議事録システムを用いた遠隔会議によって決め、各自が分担された作業を行なう。この間の仕様作成・コミュニケーションは、Method Base システム + 構造化電子メールシステムを使用する。以上のような実験的作業の履歴をとり、各ツールの評価を行い、遠隔・分散開発に必要な機構を検討する。当初は、2 地点間等の運用予備実験からスタートし、OLU ネットが稼働しはじめてから本格的な実験を行なう。

落水研 ソフトウェア設計方法論をＯＭＴ法、プログラム言語を C++とした上で分散仕様作成、分散プログラミングに関する実験を実施する予定である。開発の組織形態としては、ソフトウェア開発の受注者とその 2 次下請を仮定する。問題を定義し、初期仕様の作成と仕様分割の活動は 1 地点でローカルに行なう。次に、適切な納期を決めた上で、分割された仕様 (例えばユーザインタフェースまわり) を他地点に配布し、仕様内容の伝達と確認をネットワークを介して実施する。このあと、分散プログラミング、統合テストを実施する。この作業の間に行なわれたコミュニケーション内容はすべて記録し、プロジェクトマネージャが進捗状況の把握・制御するために利用する。ソフトウェア分散開発の事例研究によって、分散開発に関する問題点を具体的に調査し、計算機支援のポイントを見切ることが目標である。

2 対人的コミュニケーションにおける電子的メディアの特性と効果 (荒木研)

地理的に分散した環境でソフトウェア開発のような協調作業を行う場合には、協調作業の際に必要となる人と人とのコミュニケーションを支援する何らかの手段が必要となる。本章では、人間のコミュニケーションを支援する電子的メディアを利用した遠隔会議システムを例としてとりあげて、支援システムで使用される電子的メディアと対人的コミュニケーションとの関連について述べる。以下では、コミュニケーションにおける電子的メディアの特性を調査する対象として、INS ネット 64 と専用システムを利用したテレビ会議システムと、インターネット上で利用されている音声や動画像を使用した多人数会議システム vat(Visual Audio Tool:音声) および nv(X11 videoconferencing tool:動画像) との 2 種類の支援システムについて、実際の利用経験を基に、電子的メディアの特性と対人的コミュニケーションにおける効果について考察する [2]。

2.1 対人的コミュニケーションのモデル

コミュニケーションとは何で、どのように捉えられるのかということについては対人行動学などの分野で議論され、さまざまなコミュニケーションモデルが提示されている [1]。例えば、Schramm が提示したモデルでは、コミュニケーションは送り手と受け手との間の循環過程として捉えられている。コミュニケーションを行う人は、メディアを介して送られて来る相手の意図や反応などのメッセージを受けてこれを解読/解釈し、メッセージを送り出す。また、それとともにメッセージが理解されたか否かのフィードバックを求めることによって自己の行動の点検を行っている。Schramm のモデルではこれらの過程を相互に繰り返すことによって、コミュニケーションが展開すると考えている。メッセージのやりとりは、言語だけではなく口調、身振りといった非言語によっても行われている。コミュニケーションにおいて非言語のメッセージが果たしている役割は言語によるメッセージと同様に、場合によってはそれ以上に重要である。

コミュニケーションの目的の分類には、着目する分類項目によって多くの方法が存在する。ここでは、解決しようとしている目的の難易度によってコミュニケーションの目的を次の 1 から 5 までの 5 段階に分類した。

目的レベル	内容
1:伝達	情報、知識の共有化; 情報がある人からない人へ伝える
2:整合	認識の共有化; 違いを認識する
3:決定	異なった意見の調整; 1 つの事項を選択する
4:創造	無いものをつくり出す; 目的自体が不明瞭な状態
5:交渉/説得	ネゴシエーション; 人間への作用

テレビ会議システムの利用例では、" 連絡/報告" を目的とした会議が半数以上であった。また、技術的な検討等を目的とした会議の場合でも、事前に交換された資料に基づいて会議が行われていた。以上より、このテレビ会議システムの利用例におけるコミュニケーションの目的レベルはレベル 1∼2 が大半で、レベル 3 以上になることはほとんどなかったと判断することができる。

vat と nv による会議中継放送は、会議で発表される情報の伝達が主な目的であることから、コミュニケーションの目的レベルはレベル 1 程度の低いレベルであったと判断することができる。しかしながら、会議中継のための各種設定作業では、参加者間の意見調整や問題点の抽

出等の議論がなされていることから、コミュニケーションの目的レベルはレベル 3~4 程度になっていたと考えることができる。

2.2 遠隔会議支援システムにおける電子メディア

テレビ会議システムの利用者に対するアンケート調査の結果から、テレビ会議システムにおける動画像メディア効果は、メッセージ伝達に使用可能な非言語メッセージの増大によってコミュニケーションがより円滑に行なわれるという形で現れていると考えられる。テレビ会議システムの利用者間では対人関係がかなりの段階まで形成されている状態で利用していた。このため、電子メディアを介することによって利用可能なメッセージ伝達手段が制限された状態でも、今までのコミュニケーションの経験で情報を補うことによって十分なコミュニケーションが可能になっていたと考えられる。

vat と nv を利用した会議中継実験における利用者に対するアンケート調査では、次のような点が指摘された。音声に時々" 途切れ" が発生し、その" 途切れ" がひどくて会話内容が理解できなくなる場合がある。発表者の示す資料の画像が時々乱れるため資料がよく読めなかった。画像と音声の両方がある場合は発言者が認識できるが、音声だけでは発言者が誰だか分からない。

vat および nv の利用中に発生した音声の途切れや動画像の乱れは、コミュニケーションモデルでは、メッセージが持つ情報の損失と見なすことができる。メッセージが持つ情報に損失が発生すると、メッセージのやりとりによる相互作用が困難になりコミュニケーションが成立しなくなる。さらに、動画像や音声の再生遅延も発生したが、これはコミュニケーションモデルにおいてはメッセージ伝達の遅れと見なす。メッセージの情報に損失が発生した場合は情報そのものが失われるため、相互作用そのものが困難になる。一方メッセージ伝達が遅れた場合は相互作用に必要な時間は長くなるが、メッセージの情報は損失していないので相互作用に対する障害はメッセージの情報が損失している場合に比べて少なくなると考えられる。

また vat と nv を利用した協調作業では、各種設定の相談という次元の高い対人関係が要求される作業を、対人関係がほとんど形成されていない状態で行った。このような場合は今までの経験によって伝達されてきた情報を補うことができないため、メディアの伝達する情報量が対人関係が発達している場合よりも重要な要素になる。この会議中継実験では、協調作業で文字を媒体とするコミュニケーション支援システムも併用した。これによって、効果的なメッセージ伝達ができなくなる場合がある音声/動画像メディアによる伝達情報を文字メディアで補った。

上述の調査から、コミュニケーション支援システムでは、情報伝達時の遅延を少なくすることよりも情報を損失なく伝えることの方が重要である思われる。しかし一方で、対人関係が発達した段階でのコミュニケーションを支援する場合には、今までの経験に基づいた情報の補間が可能なのである程度の情報の損失を許容して相互作用の速度を高めた方がコミュニケーションが円滑になることが考えられる。今後は、より一般的なコミュニケーションの特性とコミュニケーション支援システムやメディアの品質との関連についての考察を行うことによって、より効果的なコミュニケーション支援システムのあり方について検討していきたいと考えている。

3 ソフトウェアの協調的仕様化作業の支援 (佐伯研)

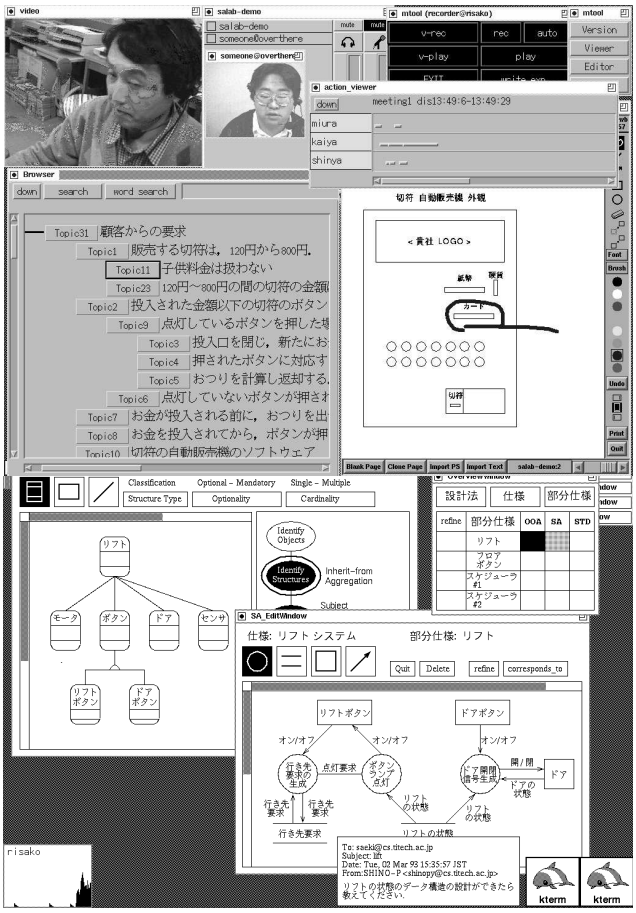
ソフトウェア開発の多くは，複数の作業者 (発注者やユーザも含む) の協調作業によって行なわれる．従って，１人の作業者の支援を目的とした従来の CASE ツールでは，作業者間のコミュニケーション支援という面からも不十分であろう．また，従来より開発されてきたコミュニケーション支援ツールは，一般的な使用を目的とし，ソフトウェア開発という特定の開発方法論に従ってプロダクトの開発が進められているような状況下では十分な効果をあげられるとは言い難い．ソフトウェア開発での協調作業がどのように行われているかを調べ，それに即した支援を行うことが効果的な支援につながる．

実際の典型的な協調的仕様化作業は，まず，作業分担やスケジュールを決めた開発計画が立てられ，それに従って個々の作業者が担当部分の作業を行う．担当作業が終了すると，その作業結果がレビューされ，１つの作業結果としてまとめられる．作業計画を立てたり，レビュー結果を議論しあい，１つの作業結果にまとめたりする作業は，主に対面式の会議で行われ，そこでのコミュニケーション量も多い．自分の担当箇所を開発する分担作業では，作業者は自分の作業のみに専念し，他の作業者とのコミュニケーションは少なくなり，問題の発生や進捗状況を報告したり，作業分担の境界を確認したりするコミュニケーションが主になる．これまで，ソフトウェア開発に用いられてきたコミュニケーション手段としては対面式会議，電話，電子会議などの同期式のものと，文書回覧，FAX，電子メールといった非同期式のものとがある．コミュニケーション量の多い作業計画立案やレビュー報告・作業結果の統合などは同期式，分担作業時は非同期式のコミュニケーションを支援することが適切かと思われる．

以上のような観点から，コミュニケーション形態に応じて 2 種類のツール — ハイパー議事録システム (同期式の支援) [3] と Method Base システム (非同期式の支援) [4] — の開発を進めている．このとき，各段階での作業は連続的に行なわれるため，継目なく支援できることが重要である．これらのツールは，作業の結果作られるプロダクト (仕様書，会議の議事録や報告書など) の作成・管理の支援だけでなく，作業履歴も構造的に蓄積し，必要に応じて作業者が検索できる機構を提供することも目的としている．

[ハイパー議事録システム]

ハイパー議事録システムは，計画立案やレビュー会議を支援するための電子会議システムである．会議中に自分の欲しい情報を検索し，提示するための同期モー



(a) ハイパー議事録システム
(b)Method Base と構造化電子メール

図 2: 支援ツール

ドと，会議終了後に次の会議のための資料つまりこの会議の出力文書 (仕様書や議事録など) を作成する非同期モードが用意されている．会議では，作業者はビデオカメラ，マイクロフォン付きヘッドホンが接続されたワークステーションが 1 台与えられ，会議中に情報を入力したり，検索したりすることができる．マイクロフォンやビデオカメラを用い，相手と同期式のコミュニケーションができるようになっている．さらに会議参加者の発話や板書はマイクロフォン，ビデオカメラを通して記録される．作業者は会議終了後，議論された話題に応じてこれらを構造化し，会議の出力文書を作成していく．

図 2(a) に自動販売機の仕様検討会議での画面例を示す．図中の右下のウィンドウは電子黒板 (wb 使用) であり，会議中でのプレゼンテーションに使用する．左下のウィンドウ中に出現している Topic が話題を表し，それらは木構造状に構造化されているだけでなく，意味的につながりのある他の話題にリンクが張られている．これにより，過去の決定事項が審議の結果変更された場合，どの話題を再審議しなければならないかがわかる．また，テキストだけでなく，その話題について議論している発話記録にもリンクが張られており，作業者はヘッドフォンを介して音声も聞くこともできる．このシステムでは，会議を通して得られた文書テキストのみが仕様書や議事録であるという立場を取っているのではなく，それを得るために行った議論等の作業履歴 (音声や画像で蓄積されているものも含む) も併せて仕様書・議事録であるという考えをとっている．

発話や画像記録を構造化していき，文書を作成する作業は現在人手によっており，作業量も膨大である．話者や発話の時間情報，音声認識技術によるキーワードスポッティング，発話行為論といった技術の利用により，一部の作業の自動化や方法論の確立を行なっているところである．また，これまでは本システムは対面式会議の環境下で運用経験を積んできたが，北陸先端大，奈良先端大と接続し，遠隔地会議での特性や必要とされる支援方式についての検討を行なっていく予定である．

[Method Base システム + 構造化電子メールシステム]

作業分担が終わると，各作業者は分担された個人作業 – ソフトウェアの設計作業に取り掛かる．作業者の担当箇所，経験に応じて作業者が用いる手法は異なる．このシステムは，これらの種々の手法に応じて作業を援助できる機構を備えていなければならない．具体的には，種々の開発方法論に応じたツールを必要に応じて自由に呼び出せること，異なった方法論を用いて開発されたプロダクトを統合できることになっている．そのため，開発方法論 (Method) をモデル化し，方法論同士の意味的な関係を構造化して，蓄積することが必要である．それゆえ，このシステムを Method Base と呼んでいる．

Method Base を使用している分担作業者は，電子メールを用いてコミュニケーションを行なう．実際に，分担作業中にどのような電子メールがやりとりされたか，その際の作業はどうだったかを調査し，以下のような機能を持つような構造化電子メールシステムを設計した．1) テンプレート (提案，質問，返答，要求，通知，問題提起，補足) を用いて作成者の意図がすぐにわかるような電子メールを作成する機能．2) 電子メールの本文とプロダクトをハイパーテキストリンクを用いて関連付ける機能．3) 受信した電子メールをその話題と種類に応じて，構造的に整理蓄積する機能．4) 進捗状況などの定時報告の自動送信，変更があった場合の関係者への自動通知，作業計画に基づくプロダクトの自動配布といった自動送信機能．

図 2(b) にシステムの画面例を示す．リフトの制御プログラムの開発を行っている例で，この作業者は，リフト本体に組み込むプログラムの設計を担当している．作業者は，オブジェクト指向分析法 (OOA)，構造化分析法 (SA) と呼ばれる 2 種類の方法を用いて，開発を行なっているところである．前者は左上の OOA_EditWindow に，後者は右中の SA_EditWindow の作業の模様が表示されている．作業者は，他のメンバーと電子メールを用いて通信を行なうことができる．図 2(b) の例では，他の作業者からリフトの作業状態に関する問い合わせの電子メールが送られてきたところである．右下のウィンドウがその内容を表示している．

今後は，格納されている方法論を部品と見たてて，作業に適切な新しい方法論・支援ツールを合成して作り出す機構の開発や，遠隔地でのソフトウェア開発実験を通

して構造化電子メールシステムの評価を行なっていく．

4 ソフトウェア分散開発環境のプラットフォーム (落水研)

4.1 ソフトウェア分散開発支援環境 「自在」

２１世紀に向けて、ソフトウェア開発の形態は、各拠点に分散して存在する人的資源、知的財産を論理的に統合して実施する方向に動きつつあり、 「複数の人間が、アイデアや中間生成物をネットワークを介して共有し、(グループウェアを利用した) 討論や (ソフトウェアプロセスに基づく) 変換活動によってそれらを変化させていくような協調作業を支援する」ためのモデルやアーキテクチャが必要である。以下のような研究課題を遂行している。

- ＣＳＣＳＤプラットフォーム 「自在」(図 3) の構築 ネットワークを介した協調活動を支援するためのソフトウェア群を開発する。開発者各自の作業の責任範囲と共有情報の管理を、 「分散作業空間」としてネットワークトランスペアレントに提供する 「群舞」。討議過程の構造 (討議空間) を構成・維持しつつ、討議空間の歪に基づいてグループ活動を調整 (進捗状況の把握、閉塞要因の除去、作業負荷の軽減) する、ソフトウェアエージェント群から構成されるグループウェアベース 「栞」。会話の形態に応じたグループウェア (コミュニケーションツール) を選択・起動する 「飛翔」。情報モデリング、版管理、アクセス制御機構に関するシステム構成の柔軟性と開発形態への適応性を保証するメタレベルアーキテクチャを利用したオブジェクト管理システム 「万巻」等 [5]。

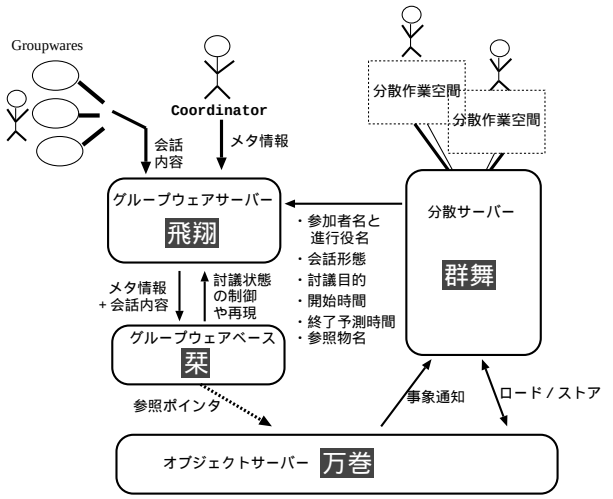


図 3: 「自在」アーキテクチャ

- オブジェクト指向方法論とその支援環境 オブジェクト指向分析/設計方法論について、オブジェクトモデリング手法の確立と生産の場への適用、オブジェクトパターンやフレームワークによる再利用の促進 (オブジェクト管理機構の開発)、ツール統合機構 PCTE を利用したオブジェクト指向方法論支援環境の開発等

- ソフトウェア分散開発に関するプロトコル解析実験とモデル化 上記ソフトウェア開発を支える基礎実験として、分散環境におけるメディアの効果、作業の進捗度と障害の要因、分散度に依存する作業形態の特徴等を抽出するためのプロトコル解析実験を実施する。

4.2 ネットワークを介した協調作業におけるソフトウェアエージェントの役割

「群舞」「万巻」はメタレベルアーキテクチャを利用したオブジェクト指向アーキテクチャに基づいて実現する。「飛翔」「栞」の実現には、ソフトウェアエージェントの導入を検討している。本節では、導入にあたってのポイントを考察する。まず、CSCW のタスクドメインは三つある [6]。

1. 既知のタスクドメインで、ある特定のゴールを達成する (出力を得る) ための、手段として利用する。エージェントは忠告者として働く。

2. 何が出力として得られるかは必ずしも予知できないが、それを達成するための手段を知っている。CSCW を情報交換の媒体として利用する。ゴールはシステムによって達成されるのではなく、システム利用者間のインタラクションによって達成される。エージェントは調停者や仲裁者としてポリシーの設定、安全性の確保、議長、秘書、橋渡し役、専門知識のコンサルタント、ファシリテータの役割を果す。以下のようなエージェントの具体例がある。(会議支援) タスク遂行に必要な専門知識を提供する。会議にまつわる種々の雑用 (参加者の管理、共有物の管理・表示、会議内容の記録、会議進行の管理、討議成果の所有権の管理) を肩代わりしてくれる。(情報検索支援) 知識ベースを背景にしてユーザの知識の不十分さを補助したり、ユーザに新しい着想のきっかけを与える。ところで、エージェントの協調を支援するためには、エージェントの動作環境を定義するメディアムが必要である。郵便をオブジェクト、郵便配達人をエージェントとするとき、郵便配達人の振舞いを助け、制御するものとして郵便配達システムが必要である。メディアムは、エージェント間の協定と制約 (技術的な制限、文化上の制約、法律上の制約、経済的制約) をもつ。

3. 利用者はタスクドメインやある話題について、ごく限られた知識しか持ち合わせていず、特別な出力を持つわけではない (探求的学習)。この分野におけるエージェントは以下の三つの特徴を持たなければならない。(responsibility) みずから進んで引き受けた仕事を達成する責任や義務、(competence) その仕事に対する適性、能力、(accessibility) 必要

な情報にアクセス可能であること。また、エージェントに適する仕事は以下のようなものになる。(情報) :誘導、探索、検索、整列化、構造化、フィルタリングの支援。(学習) :情報提供 (help)、指導、教授。(仕事) :想起、忠告、予定、スケジューリング。(もてなし) :味方/敵として一緒に遊ぶ

ソフトウェアエージェントはオブジェクト、プロセス、知性の 3 つのパラメータで特徴づけられる。プロセスや知性を以下のように活用する研究動向があり、 「自在」との関係を検討中である。

- オープン環境への対応 [7]... 生き残ろうとする意志を持ち、利益を生存原理とする自律ソフトウェアエージェント (プロセス)
- 特殊化された専用の知識ベース。それらの知識ベースの協調により問題解決が計れる (知性)
- 人間に (従属的に) 協調して、専門知識、技能、労力などを提供し、ルーチンワークを代行してくれる縁の下の力持ち的存在 (知性)

人間 -機械系の第一接面と第二接面の間に存在し、知的で使い易いインタフェースを提供するものとしてソフトウェアエージェントを位置づけ、開発組織ごとに異なり、動的に変化する協調作業形態に柔軟に対応できる機構として、メタレベルアーキテクチャを採用する。

5 展望

本共同研究の参加者は各自以下のような目標を持っている。

荒木 形式的手法に基づくソフトウェア開発法を対象として、各種の形式的記述物ならびに非形式的記述物を共有する場合における開発プロセスとそれに伴うコミュニケーションとについてモデルを提示し、高品質のソフトウェアを効率良く開発するための支援環境の構築を目指す。

岡村 連続メディア伝送を研究テーマとしている。そのテーマの一つに、インフラの提供するサービスの品質と、その上での応用の効果の定量的なマッピングがある。すなわち、昨今のマルチメディアツールには、 「利用バンド幅」なるパラメータがあり、この時、64kbps では何ができるのか ?1Mbps ではどこまでできるのか、100Mbps ではなにができないのか ?というようなことの定量化に興味がある。本共同研究を通じて構築される分散環境上で実験したい。

佐伯 協調作業の中で行なわれる種々のコミュニケーションの中から、目標を達成するための重要な情報をシステマティクに抽出し、それらを構造的に蓄積し、作業者のナビゲーションに役立てる。また、そのための技術を構築する。現在基盤技術として考えているものは、発話行為論、エージェントモデル、オブジェクトベース、発想支援法、プロトコル解析、開発方法論などである。

落水 「自在」のプロトタイプを実装し、来たるべきソフトウェア分散開発時代に備えて基礎を固めたい。すなわち、合意形成、作業指示と報告、情報共有の動的な制御、状況の把握と制御等に関する有用なツールとそのプラットフォームを開発しつつ、ネットワークを介した協調作業に関する有益なフレームワークを定義したい。

篠田 ネットワーク時代には会議のやり方そのものが変化すると思われる。マルチポイントの各点に複数の参加者が存在して、その間でフォーマルな情報とインフォーマルな情報が交換される。このような会議形態における、モデル、ツール、環境のあり方を検討したい。

海谷 同期型の共同作業に興味があり、人工媒体などの制約がない場合でもなお存在する共同作業の問題点を明らかにすることが目標である。本共同研究では、ネットワークを介した作業は、通常の対面同期型の作業と比べ、どのような効用を失ったり、得たりするかを確認し、その原因を明らかにしたい。当面は、 「ネットワークを介すことにより、作業者間の認識の一致をとりにくくなる』という仮説の検証と原因の究明を行ないたい。

参 考 文 献

[1] 狩俣, “組織のコミュニケーション論”, 中央経済社,1992.

[2] 田中, 荒木, 増田, “対人的コミュニケーションにおける電子的メディアの特性と効果”, 情報処理学会 GW 研究会,Vol.93,No.95,pp.53-60,Oct. 1993.

[3] 海谷, 三浦, 佐伯, 落水. ソフトウェアの要求獲得を支援する対面式会議システムに関する一考察. 情報処理学会グループウェア研究会, Vol. 95, No. 13, pp. 75–80, 1995.

[4] 佐伯, 松村, 郭. 協調的仕様化作業を支援するツール – 作業分担者の支援. 情報処理学会ソフトウェア工学研究会, Vol. 94, No. 55, pp. 49–56, 1994.

[5] 落水, 門脇, 藤枝, 堀. ソフトウェア分散開発支援環境 「自在」のアーキテクチャ設計. 電子情報通信学会 ソフトウェアサイエンス研究会, Vol. 94, No. 18, pp. 1–8, 1994.

[6] D. Jennings. On the Definition and Desirability of Autonomous User Agents in CSCW. CSCW and Artificial Intelligence, Springer-Verlag, 1994.

[7] 所. マルチエージェントシステムの目指すもの. コンピュータソフトウェア, Vol. 12, No. 1, pp. 78–84, 1995.