

# ペア・モデリングの原理と実践

井 庭 崇<sup>†</sup>

本論文では、2人のモデル作成者によるコラボレーションによってモデリングを行う「ペア・モデリング」の方法を提案し、その実践事例を報告する。ソフトウェア工学の最近の研究では、ペアによるプログラミング作業が、個々に仕事を割り振って分業するのに比べて、生産性の観点からも品質の観点からも優れているということが知られており、モデリングにおいてもそのような効果が期待できる。本論文では、ペア・モデリングの方法について論じた後、ペア・モデリングの原理を、ニクラス・ルーマンによって提唱された社会システム理論に基づいて考察する。最後に、私たちの提案するモデリングツールを用いたペア・モデリングの実践事例を紹介する。

## A Theory and Practices of Pair Modeling

TAKASHI IBA<sup>†</sup>

In this paper, we explore a new method for collaborative modeling, which we call “pair modeling”. In pair modeling, two modelers use the same computer at the same time, and conduct modeling by communicating with each other. Pair modeling is considered to improve the quality of a model and productivity of modeling more than usual modeling which two modelers make different models separately and put them into one. We discuss what happens in pair modeling, applying social system theory, which is proposed by Niklas Luhmann. As a conclusion, we suggest that pair modeling is effective method for collaborative thinking, which is essentially different from single modeling. Finally, we take up some comments given by the modelers about the process and advantages of pair modeling.

### 1. はじめに

これまで私たち PlatBox Project は、プログラミング言語ではなくモデリング言語を用いてマルチエージェントシミュレーションモデルを作成できるツールの開発・提供を行ってきた(図1)<sup>1,2)</sup>。これらのツールを用いることで、プログラミングに馴染みのない社会学者やビジネスマンが、社会シミュレーションを研究・分析の手段として活用できるようになることが期待されている。

そのような状況を想定するとき、モデリング作業の方法についても新しいアプローチが必要となる。それは、1人でモデルを作成・分析し、その結果を事後的に発表するという従来の方法ではなく、複数人によるコラボレーションによってモデルを構築し、その過程においてたえず学習(組織学習)が起きているという新しい方法である。そこで、本論文では、2人のモデル作成者のコラボレーションによるモデリング方法と

して、「ペア・モデリング」の方法を提唱する<sup>3)</sup>。これは、ソフトウェア開発の方法である「ペア・プログラミング<sup>4)</sup>」と同じコンセプトに基づくものであるが、プログラミング言語によるプログラミングではなく、モデリング言語によるモデリングを行う点に違いがある。モデリングの場合は、視覚的な側面が強くなるので、ペアでの作業がしやすくなる。

本論文では、まず最初にペア・モデリングの方法について説明し、その後、社会システム理論に基づいてペア・モデリングの原理を明らかにする。最後に、私たちが提案するモデリングツールを用いた実践事例を取り上げ、モデル作成者のコメントを紹介する。

### 2. ペア・モデリング

#### 2.1 ペア・モデリングとは

ペア・モデリングとは、1台のコンピュータを2人のモデル作成者が同時に使い、画面での操作と会話を介してコミュニケーションを行いながら、モデリングを進めていくモデリング方法である。2人は、動的な役割分担として、「ドライバ」と「ナビゲータ」に分かれる。ドライバは、マウスで操作したり、キーボー

<sup>†</sup> 慶應義塾大学総合政策学部

Faculty of Policy Management, Keio University

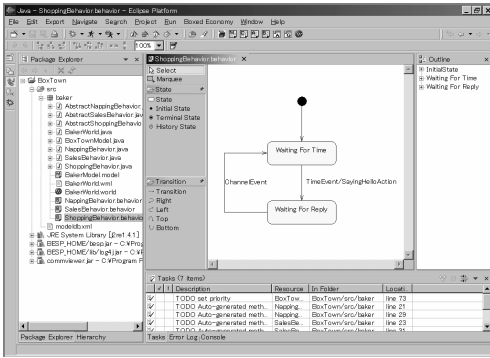


図1 PlatBoxにおけるモデリングツール Component Builder  
Fig.1 Component Builder in PlatBox.



図2 ノート型 PC を用いたペア・モデリング  
Fig.2 Pair Modeling on laptop PC.

ドで文字を打ち込んだりという作業を担う。これに対してナビゲータは、ドライバの作業を横から眺めて、ミスの指摘や、進行のナビゲートを行う。しばらくすると両者は、その役割を交代する。一定時間で区切る場合もあれば、「ここを担当してもいいかな」「ちょっとやらせてよ」といったきっかけで、即興的に交代することもある。

ペア・モデリングの成果は、2人で別々のモデルを作成した後合成するよりも、質が高くなり生産性も向上すると期待される。このような期待が持てるのは、ソフトウェア開発におけるペア・プログラミングの効果に関する実証研究による。ペア・プログラミングでは、2人のプログラマに対して別々に仕事を割り振る分業よりも、同じ仕事を一緒にやる方が、質が高く生産的であることが知られている<sup>4)</sup>。なぜこのような向上が見られるかという点、「ペア・プログラミングは、互いの役割として弱い部分を補うことで相乗効果を生み出している<sup>5)</sup>」ためである。ペア・モデリングも、ペア・プログラミングと同型の方法であるため、同様の効果が得られると期待できる。



図3 大型ディスプレイを用いたペア・モデリング  
Fig.3 Pair Modeling on large display.



図4 タブレット型 PC を用いたペア・モデリング  
Fig.4 Pair Modeling on tablet PC.

## 2.2 ペア・モデリングの実施形態

ペア・モデリングは実際にはどのような形態で実施することができるだろうか。ここではいくつかのケースを考えてみたい。

まず第1に、ノート型 PC を用いたペア・モデリングが考えられる(図2)。この実現形態は一般的な方法であり、どんな場所でも、特別な準備なしで行うことができる。問題は、画面サイズが比較的小さいため、モデル図や文字が読みにくいという点である。

第2に、大型ディスプレイを用いたペア・モデリングが考えられる(図3)。たとえば20インチ型ディスプレイを用いれば、モデル図や文字が大きく表示され

るため、ペアでの作業が行いやすくなる。問題としては、大型ディスプレイを用意しなければならないこと、および使用場所が限定されてしまうということである。

第3に、タブレット型PCを用いたペア・モデリングである(図4)。タブレット型PCを用いる利点としては、ペンによる直感的なモデル図作成が可能だという点である。PlatBoxによるモデリングでは、プログラミング言語による実装をせずに、モデル図による作成を行うため、タブレットペンでのフリーハンド入力・文字識別で十分に快適に用いることができる。タブレットペンを2本用意すれば、2人がその場の流れに応じて、臨機応変に「ドライバ」になることもできる。ただし、これを行うには、タブレット型PCを用意する必要がある。

以上のように、実施形態にはそれぞれ利点と問題があるため、自分たちの状況に合わせてその形態を選択することが求められる。

### 3. 社会システム理論によるとらえ方

ペア・モデリングはなぜ効果的なのだろうか。以下では、その原理について考えてみることにしたい。ペア・モデリングの効果は、個人には還元できない創発的な事態であるため、日常的な感覚や従来の理論枠組みではうまくとらえることができない。そのため、神秘的なもの、もしくは胡散臭いものとしてとらえられがちである。本論文では、このペア・モデリングの原理を、ニクラス・ルーマンの社会システム理論<sup>6)</sup>に基づいて説明することにしたい。まず本節で社会システム理論について概観した後に、次節でペア・モデリングの原理を考察する。

#### 3.1 基本的なシステム観

ルーマンの社会システム理論は、「オートポイエティック・システム」(autopoietic system)の概念に基づいている。オートポイエティック・システムとは、「システムの諸要素がそのシステムの諸要素のネットワークのなかでのみ、つまり回帰を用いてのみ生産され再生産される」<sup>7)</sup>システムのことである。このようなオートポイエティック・システムは作動上は閉じたシステムであり、システムの外部からその要素を入力したり出力したりすることはできない。できるのは、間接的な媒介を通じて相互に影響を及ぼしあうことだけである。このシステム観では、瞬時に消えてしまう出来事を要素ととらえるため、たえず要素を生み出し続けることが必要となる。その意味で、徹底的に時間化されたシステム理論になっており、従来では理解できなかった動態的な社会現象を理解することができる<sup>8)-12)</sup>。

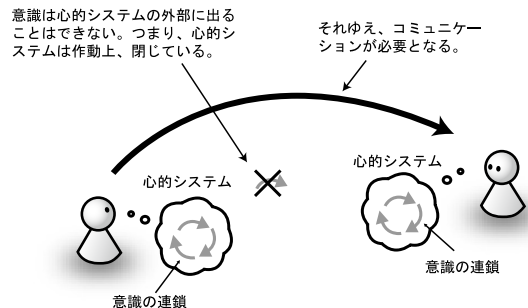


図5 心的システムの閉鎖性とコミュニケーション  
Fig. 5 Closure of psychic system and communication.

#### 3.2 社会システム

従来の社会学では、社会の構成要素は主体(もしくは行為)だと考えられてきたが、社会システム理論では、社会の要素はコミュニケーションであると考えられる。そして社会を、コミュニケーションによってコミュニケーションを連鎖的に作り出すシステムであるとしてとらえ、それを「社会システム」と呼ぶ。コミュニケーションは瞬時に消えてしまう出来事であるので、社会が存在し続けるためにはコミュニケーションがたえず生み出される必要がある。

#### 3.3 心的システム

社会システム理論では、人間の思考もオートポイエティック・システムであるとしてとらえ、それを「心的システム」と呼ぶ。心的システムは、意識が意識を生み出すという「意識の連鎖」で成り立っている。意識は瞬時に消えてしまう出来事であるので、意識はたえず生み出される必要がある。心的システムは作動上は閉じたシステムであり、外部から意識を入力したり出力したりすることはできない。このように、複数の心的システムはお互いに到達することはできないので、コミュニケーションが必要となる(図5)。

#### 3.4 コミュニケーション

社会システムの要素はコミュニケーションであると述べたが、「コミュニケーション」の概念については補足が必要である。社会システム理論では、コミュニケーションを、従来考えられてきたような「情報の移転」(図6)であるとは考えない。そうではなく、コミュニケーションは、「情報」,「伝達」,「理解」の3つの部分からなるひとまとまりの出来事であるとしてとらえる(図7)。それぞれの部分が、いくつもの可能性を含む偶発性(コンティンジェンシ)を持つため、あるコミュニケーションが生起するには、結果として「選択」が行われていることになる。その選択にはさまざまな可能性があるため、そこに創造性が関与することができる(単なる情報の移転であれば、そこに創造性

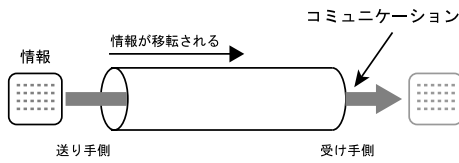


図 6 移転メタファのコミュニケーション観  
Fig. 6 Communication as transference.

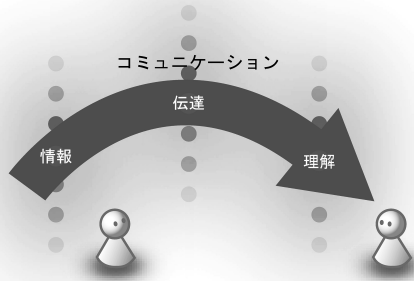


図 7 《情報》,《伝達》,《理解》の選択によるコミュニケーション観  
Fig.7 Communication as a synthesis of three selections:  
“information”, “utterance”, and “understanding”.

が入りこむ余地はない<sup>11)</sup>。また、上述のように、他者の《理解》があってはじめてコミュニケーションが成立するので、コミュニケーションは個人の行為に還元することはできず、社会レベルの創発的な出来事であるということになる。

### 3.5 カップリングのためのメディア

心的システムは、社会システムの構成要素ではなく、社会システムの環境側にある。これらのシステムはお互いに刺激し合うが、融合して1つのシステムになるということはない。そこで、このシステムとシステムを媒介するメディアが必要となる。この意識とコミュニケーションをつなぐメディアとして代表的なものが、「言語」である。

言語は、「直接に見聞きし得る範囲をはるかに越えたコミュニケーションに関する理解を強めているメディア」<sup>6)</sup>であり、社会システムにおいては、他者が何を考えているのかを《理解》することを支援する、つまりコミュニケーションを支援する。また、心的システムにおいては、意識の構造化を行う。このように、言語は社会システムと心的システムのそれぞれで役割を果たし、両者を間接的に結びつける。社会システムと心的システムは、作動の上では融合することはないが、言語を介して間接的に影響を及ぼしあうことができるのである。

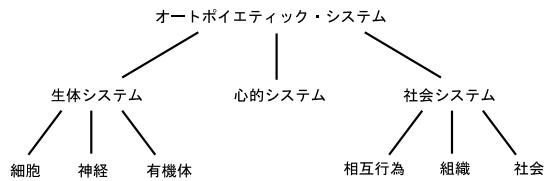


図 8 社会システムのタイプ(類型)

Fig. 8 Types of social system.

### 3.6 場を共有する「相互行為の社会システム」

社会システムのタイプ(類型)種類としては、「社会」(全体社会)、「組織」,「相互行為」がある(図8)。これらは基本的な原理(コミュニケーションの連鎖など)は同じであるが、それぞれに特徴がある。「社会」は不特定多数の他者との開かれた場であり、「組織」では地位や役割がコミュニケーションの構造化を行う。「相互行為」は、対面的なコミュニケーションであり、実際に空間を共有している場合の社会システムである。相互行為においては、「コミュニケーションしないてはできない」<sup>6)</sup>のであり、「その場に居合わせているということが、そこに居合わせている人びとにとって誘因となると同時に強制となって、その場に居合わせている人びとの自発性に基づいて、そうした人びとの行動を制約するきっかけとなる」<sup>6)</sup>のである。以上が、本論文の分析に用いる社会システム理論の概要である。

## 4. ペア・モデリングの原理

いま概観した社会システム理論に基づいて、ペア・モデリングの原理を読み解くことにしたい。

### 4.1 コミュニケーションとその連鎖

1人によるモデリングでは、モデル作成者は心的システムにおける意識の連鎖によって、モデルを生み出していく(図9)。頭のなかで考えていることをコンピュータ上に外部化するので、考え出したことを1歩引いて眺め、反省的に理解することができる。このとき、「言語」として自然言語やモデリング言語を用いているが、それはもっぱら意識の構造化と、モデルの記述(行為)に用いられているにすぎず、そこに社会性はない。

これに対し、ペア・モデリングでは、それぞれのモデル作成者は意識の連鎖によって考えるのであるが、それと同時に相互行為の社会システムにも参加することになる。つまり、コミュニケーションの連鎖によってモデルを生み出しているということである(図10)。

重要なのは、隣にいるペアのモデル作成者と会話を

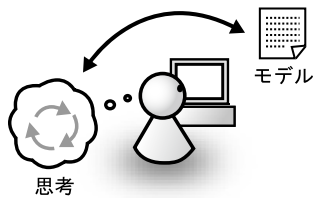


図 9 1 人によるモデリングにおける意識の連鎖

Fig. 9 The nexus of consciousness in Single Modeling.

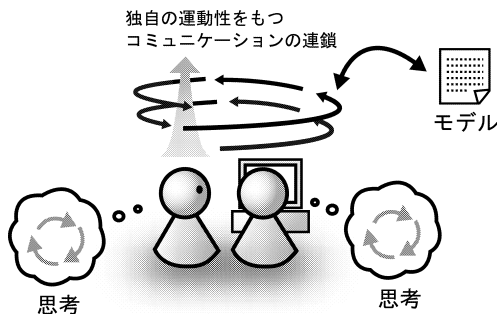


図 10 ペア・モデリングにおける意識の連鎖とコミュニケーションの連鎖

Fig. 10 The nexus of consciousness and communication in Pair Modeling.

する（コミュニケーションを行う）という点にある。たとえば、いま自分が何をしているのかが分からなくなったり、行き詰まったりしたときには、キーボードを打つ手が止まってしまうだろう。すると、ペアのモデル作成者は不思議に思い、「どうしたの？」と声をかけるかもしれない。それに対して、「何をしているのが混乱してきた」とか「どうしたらいいかな？」という、「それはこうだ」とか「ちょっと調べてみよう」とか「ここをこうしたらどうだろうか」というようにコミュニケーションが続いていこう。

#### 4.2 相互行為における動機づけとプレッシャ

ペア・モデリングが相互行為の社会システムであり、場を共有しているということは、コミュニケーションの連鎖を維持するうえで重要である。その場に 2 人しかいないために、少なくとも 1 人は何かをしたり、話をしたりしていなければ、状況として不自然となる。そのため、コミュニケーションがない状況が生じると、その空白が次なるコミュニケーションを生み出す動機となる。また、相手がいるからしっかり考え、コミュニケーションをとらなければという「ペアプレッシャ」<sup>4)</sup>も、コミュニケーションの質を高めることにつながっている。

#### 4.3 ペア・モデリングにおける言語

ペア・モデリングのプロセスでは、モデル作成者はい

くつかの「言語」を用いることになる。日本語や英語といった自然言語のほか、統一モデリング言語（UML）やパターン・ランゲージ<sup>11),13)</sup>を駆使して、思考やコミュニケーションを行っている。

#### 4.4 個人に還元できない成果

ペア・モデリングは、「考えてつくる」というだけでなく、「コミュニケーションによってつくる」ということが本質的に重要である。そのとき、コミュニケーションは単なる情報移転ではなく、その出来事自体が創造に直結しているととらえるべきである<sup>11)</sup>。そして、創造的なコミュニケーションの連鎖によって、どちらがモデルの作者かといった話ではなく、それがブレンドされたかたちになっていく。それゆえ、ペア・モデリングでは、個人を超えて創発的なレベルにおける創造が行われていることが分かる。

### 5. ペア・モデリングの実践事例

本論文で述べてきたペア・モデリングの原理が実際に成り立っていることを示すために、実践事例におけるモデル作成者の声を取り上げることにしたい。ここで取り上げる事例は、慶應義塾大学井庭崇研究室で行ったマルチエージェントシミュレーションのためのペア・モデリングである。いずれのケースでも、統一モデリング言語に基づくモデル図を作成し、PlatBox のモデリングツール Component Builder<sup>1)</sup>を用いてシミュレーションモデルの作成を行っている。

ここでは、ペア・モデリングのプロセスと、メリット・デメリット、そしてツールの効果に関するコメントを取り上げる。モデル作成者を、モデリングの経験がほとんどない「初心者」と、1 人でもモデリングを行うことができる「熟練者」に分け、それらのすべての組合せで実践した。いずれの組合せにおいても、最終的には適切に動作するシミュレーションモデルを作成できている。なお、今回対象となるモデル作成者は、いずれもペア・モデリングの経験は今回が初めてである。

表 1 は、「初心者-初心者ペア」のケースにおけるコメントである。このペアは、成長と優先的選択の原理によってスケールフリー・ネットワークが形成されるという「BA (Barabási-Albert) モデル」<sup>14)</sup>を作成した。このドメインに関する知識は特になく、それについても学びながらモデリングを行った。

表 2 は、「熟練者-初心者ペア」のケースにおけるコメントである。このペアは、外国為替市場のモデルを作成したのであるが、このうちの 1 人（熟練者）は、外国為替市場のシミュレーションモデルの作成に参加した経験がある<sup>15)</sup>。もう 1 人（初心者）は、ドメイ

表 1 初心者-初心者ペアのケースにおけるモデル作成者のコメント  
Table 1 Modelers' comments in the case of beginner-beginner paring.

## モデル作成者 A (初心者)

### ペア・モデリングの進め方

ペア・モデリングでは、まず最初にそれまでの進捗状況を確認し合い、その日、最低どこまで進めるのかという目標を立てました。そして作業は少しずつ、確認し合いながら進め、問題が生じた際には、その前の段階まで戻って考え直す、ということの繰返しでした。2 人ともつまづいてしまい、どうにも進まないときは、何が問題かを 1 度整理したあとに、先輩に質問して助けていただきました。

作業時間は、初めは週に 2, 3 回、1 時間半~2 時間程度でしたが、締切が近づくにつれて、大学の授業が入っていない時間はほとんど集まるようになりました。最終的には、月曜から金曜まで毎日最低 3 時間は集まって活動しました。集まる前の準備としては、必ず、前々までの経過を頭の中で、または紙に書くなどして整理し、すぐに作業開始できるようにはしました。後半になって、2 人で集まって作業する時間が増えてからは、集まっている時間以外はあまりパソコンに向かって作業せず、つまづいている箇所があるときは頭の中でさまざまな方法を考えてみて、ふとアイデアが浮かんだときはパソコンをいじってちょっと試してみる、ということをしました。

### ペア・モデリングのメリット/デメリット

ペア・モデリングのメリットとしては、自分の考えを相手に説明することで、頭の整理になるということがあります。また、自分が考えもしなかったアイデアや考え方を知ることができます。自分ともう 1 人しかいないので、思う存分、納得がいくまで話し合えます。そして、得意、不得意を補い合えるということです。デメリットとしては、1 人がある考えに固執して進まないときなど、1 人のほうが効率良いこともあると思いました。

初心者同士のペア・モデリングは思っていた以上に大変だと感じました。今考えると、悩むところでもないようなことでもつまでも頭を悩まし、ずいぶん遠回りをしてしまったようにも思います。ただ、何も分からないもの同士、試行錯誤を繰り返す過程で、新しく知識を得られたときは面白さを感じました。また、モチベーションにも大きな影響を与えるということが分かりました。ペアで作業することによって、自分の能力をできる限り発揮することを求められるので、責任感のようなものが生まれて、その分頑張れるような気がしました。

### Component Builder を用いたペア・モデリング

もし Component Builder を用いないで取り組むとしたら、私はプログラミングの知識がまったくないので、1 人では絶対に完成は不可能だったと思います。ペアでの作業であったら、可能性はゼロではないと思いますが、かなり難しいと思います。また、もし完成させることができたとしても、私の完成物に対する貢献度はかなり低くなると思われます。

## モデル作成者 B (初心者)

### ペア・モデリングのメリット/デメリット

2 人とも初心者であったためお互いに試行錯誤をして、どちらかが進めば見せ合いをして意見交換をするときもありました。また 1 つのパソコンを 2 人で共有して意見をい合う形もとりました。意見交換ができるため自分だけでは得られないような視点や間違いが分かります。また 2 人でやっているため作業中などは寂しくありません。初心者同士試行錯誤できたことはモデル完成に非常に貢献したと感じているので、2 人でなければ作れなかったと思います。デメリットとしては、お互いがスケジュールを合わせるために、休める時間やオフ日、プライベートの時間がかなりなくなってしまう。

### Component Builder を用いたペア・モデリング

ペアの相手がプログラミングを習ったことがなかったので、モデリングではなくプログラミングであった場合には、私たち 2 人ではできなかったと思います。私自身ではないので分かりませんが、ペア相手はプログラミングに触れたことがなくても、モデル図ベースでシミュレーションを作成できたので、Component Builder でなければできなかったことなのかもしれません。

ペア・モデリングをする際に、2 人でプログラムの記述をい合うのではなく、自分たちの作ったモデル図を用いて会話ができるのが、Component Builder の非常に便利なおもしろいところだと思います。

ンに関する知識は持っていない。このペア・モデリングによって作成したモデル図の一部を取り上げると、タイプ図 (図 11 および図 12)、エージェントのアクティビティ図 (図 13)、コミュニケーション・シーケ

ンス図 (図 14)、行動の状態遷移図 (図 15)、行動のアクションブロック図 (図 16) のようになる。

表 3 は、「熟練者-熟練者ペア」のケースにおけるコメントである。このペアは、シミュレーションの結果

表 2 熟練者-初心者ペアのケースにおけるモデル作成者のコメント  
Table 2 Modelers' comments in the case of expert-beginner pairing.

### モデル作成者 C (熟練者)

#### ペア・モデリングの進め方

ペア・モデリングをやるにあたり、ノートを作成した。自分が先輩とペア・モデリングをしたときの良かった点や反省点などを思い出し、今回のペア・モデリングにいかそうとしました。今回は、初心者とのペアだったので、自分が経験から分かっていた答えをどこまで教えて、どこまで隠すかをつねに考えるので、逆に、各モデル作成に必要な工程などを、深く検討しました。自分が予期しない答えが出てくることもあるので、新たな選択肢と検討し、よりモデルへの理解が深まります。指導する立場として、今までよりもきちんとして課題をやるようになりました。

#### ペア・モデリングのメリット/デメリット

ペア・モデリングのメリットとして感じたのは、モデルを作成する過程で、分析したい事象が明確になるということです。その結果、モデルの作成・破壊のサイクルが早まり、1人でやるよりも高品質なモデルが早く完成したと思います。構想が漠然としている場合には、ペア・モデリングがより効果を発揮すると思います。今回も、1人で行っても今のモデルにいきついていかもれない。だが、モデルに対する理解はまったく違うと思います。逆に、作りたいものが明確である場合は、複数人を配置する必要がなく、1人で行った方が早く、人的なコストもかからなくて済むと思います。

#### Component Builder を用いたペア・モデリング

Component Builder を用いたモデル図ベースの開発によって、分析したい事象とそのモデル化について議論しやすかったと思います。これが、ソースコードを介したペア・プログラミングであれば、具体的な処理の議論はできても、分析したい事象を明確にするというような議論は難しいのではないかと思います。また、Component Builder を用いることで、「構想 → 設計・実行」のサイクルが格段に早まり、結果として再作成・再実験のサイクルを速めることができたと思います。

### モデル作成者 D (初心者)

#### ペア・モデリングの進め方

活動は、週に多いときには3~4回、時間は1~6時間くらいでした。

#### ペア・モデリングのメリット/デメリット

メリットとしては、段階ごとに自分が気づいていない間違いも指摘してもらえるので、間違った方向のまま突っ走ることはなく、作業効率は良くなったと思います。ふと感じた小さな質問でも、気軽に聞くことができた。相手がいるので、緊張感があり、与えられたタスクを1人のときよりきちんとして行うことができた。

#### Component Builder を用いたペア・モデリング

Component Builder を用いたモデル図ベースの開発は効果的だと思います。モデル図は私たちにとって、いわば、共通言語のような働きを持っていて、それを使うことで、お互いの思考の理解の共有化が、円滑に行われました。ペア・モデリングをする際に2人でプログラミングでの記述をいい合うのではなく、自分たちの作ったモデル図を用いて会話ができるのが非常に便利なおもちゃだと思います。

を、ネットワークとして表示するビューア<sup>16)</sup>を開発する際に、ネットワークのモデルを開発している。ここで作成したのは、スモールワールドネットワーク<sup>17)</sup>などのネットワークモデルである。ドメインの知識はすでに持っていた。

以下では、これらのコメントから、ペア・モデリングの原理に関連するコメントをいくつか取り上げることにしたい。

#### 5.1 コミュニケーションとその連鎖

1人ではなく2人で取り組むメリットとして、まず、

自分の思考だけでは考えつかない発想が得られるということがある。コメントでも、「自分が考えもしなかったアイデアや考え方を知ることができます」(表1:A)、「意見交換ができるため自分だけでは得られないような視点や間違いがわかります」(表1:B)、「誤りの指摘、不明点の質問がすぐにできる」(表3:F)という指摘がなされている。これは、相手からのコミュニケーションによる効果だといえる。

これに対し、自分から発するコミュニケーションの効果も指摘されている。「自分の考えを相手に説明する

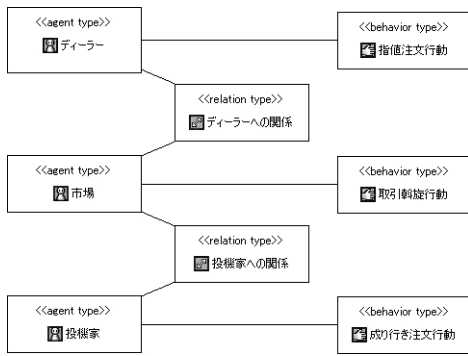


図 11 外国為替市場モデルの関係と行動のタイプ図

Fig. 11 Type diagram of relation and behavior in Foreign Exchange Market Model.

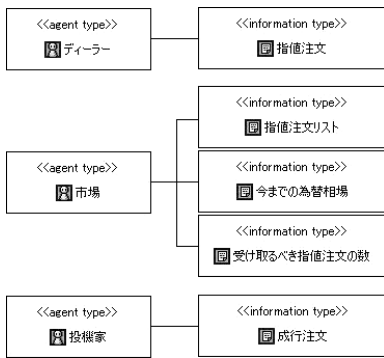


図 12 外国為替市場モデルの情報のタイプ図

Fig. 12 Type diagram of information in Foreign Exchange Market Model.

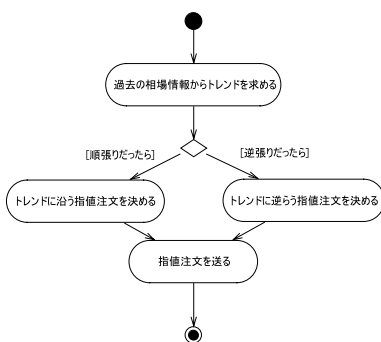


図 13 外国為替市場モデルの指値注文行動のアクティビティ図

Fig. 13 Activity diagram of market order behavior in Foreign Exchange Market Model.

ことで、頭の整理になる」(表 1 : A), 「モデルを作成する過程で、分析したい事象が明確になる」(表 2 : C), 「モデルを相手に説明することで、説明者自身のモデルへの理解が深まる」(表 3 : F) というように、自分から行っているコミュニケーションによっても、自分の思考が構造化・促進されることが分かる。



図 14 外国為替市場モデルのコミュニケーション・シーケンス図

Fig. 14 Communication sequence diagram in Foreign Exchange Market Model.

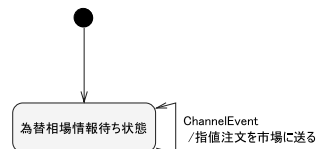


図 15 外国為替市場モデルの指値注文行動の状態遷移図

Fig. 15 Statechart diagram of market order behavior in Foreign Exchange Market Model.

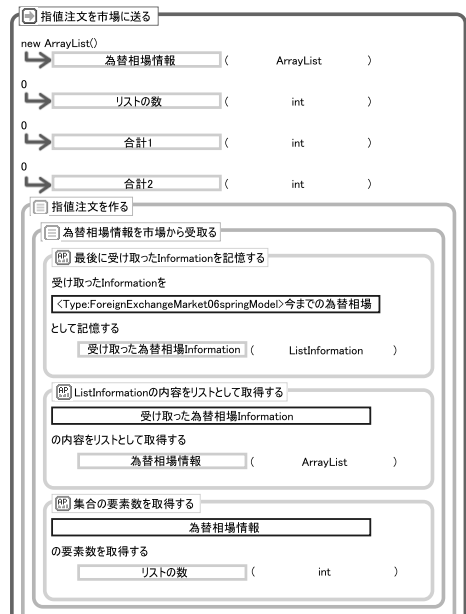


図 16 外国為替市場モデルの指値注文行動のアクションブロック図の一部

Fig. 16 Action block diagram of market order behavior in Foreign Exchange Market Model.

3人以上ではなく2人で行うメリットについては、「自分ともう1人しかいないので、思う存分、納得が



表 3 熟練者-熟練者ペアのケースにおけるモデル作成者のコメント  
Table 3 Modelers' comments in the case of expert-expert pairing.

### モデル作成者 E (熟練者)

#### ペア・モデリングの進め方

ペア・モデリングの場に臨むにあたっての準備は、それまでにやっておくべき作業をしておくこと、作業が停滞した場合にはその原因を明らかにすることです。

#### ペア・モデリングのメリット/デメリット

メリットとしては、モチベーションの維持、目標の明確化、作業手順の明確化があげられます。デメリットとしては、スケジュールが合わない場合は、人数が少ないので影響が大きく、作業の進展が一気に低下します。

作業内容としては、2人でなければ完成できなかったという感覚は、あまりありません。むしろ、メンタル面で果たす役割が大きく、2人のほうが作業が確実に進みます。現時点でのペア・モデリングはペア内での相互の作業への視点が大きい気がします。ペア内でレビューしあうだけでなく、外部からのレビューも必要だと思います。

#### Component Builder を用いたペア・モデリング

Component Builder を用いたモデル図ベースでの開発は、有効でした。ただし、このツールがなくても、UML を知っていればモデリングのある段階までは可能だと思います。

### モデル作成者 F (熟練者)

#### ペア・モデリングのメリット/デメリット

メリットとしては、誤りの指摘、不明点の質問がすぐにできること、また、モデルを相手に説明することで、説明者自身のモデルへの理解が深まることがあげられます。デメリットとしては、1人がツールを使わずにモデルについて思考していると、その間もう片方の1人が暇になってしまうときがあることです。ペア・モデリングでなくても適宜質問ができれば、1人でも作成は不可能ではなかったと思います。しかし、その分モデルの品質の低下や時間的コストの増加という結果をまねくことになったと思います。

ペア・モデリングでは、1人でのモデリングに比べ、作成よりも修正ということが多くなるように思います。したがって、モデルをいかに容易に修正ができるか、また、修正による影響範囲がどの程度かをすぐに理解できることが望ましいと思います。

#### Component Builder を用いたペア・モデリング

Component Builder のツールは、非常にサポートしてくれました。これがなければ、実現できなかったと思います。なぜなら、ペアの両方が高いプログラミングスキルを持つ必要があるためです。また、視覚的に情報を共有できるという点で、モデル図ベースの開発は効果的でした。

Component Builder では、モデルを修正した際、関連するドキュメントすべてに修正内容が反映されるため、スムーズに作業が進行でき、ペア・モデリングを短時間でより効果的なものにする事ができると思います。

いくまで話し合えます」(表 1:A)、「ふと感じた小さな質問でも、気軽に聞くことができた」(表 2:D)という指摘がなされている。2人によるシンプルな構成も、コミュニケーションを生み出すことに寄与していることが分かる。

#### 5.2 相互行為における動機付けとプレッシャー

場を共有する相互行為は、2人で行うことによる動機付けとプレッシャーがある。これについても、「モチベーションにも大きな影響を与えるということが分かりました。ペアで作業することによって、自分の能力をできる限り発揮することを求められるので、責任感のようなものが生まれて、その分頑張れるような気がしました」(表 1:A)、「相手がいるので、緊張感があ

り、与えられたタスクを1人のときよりきちんと行うことができた」(表 2:D)、そして「モチベーションの維持」(表 3:E)というように「メンタル面で果たす役割が大きく、2人のほうが作業が確実に進みます」(表 3:E)ということが指摘されている。

#### 5.3 ペア・モデリングにおける言語

モデリング言語を用いてのペア作業については、「ペア・モデリングをする際に、2人でプログラムの記述をいい合うのではなく、自分たちの作ったモデル図を用いて会話ができる」(表 1:B)ことのメリットが指摘されている。「モデル図ベースの開発によって、分析したい事象とそのモデル化について議論しやすかったと思います。これが、ソースコードを介したペア・

プログラミングであれば、具体的な処理の議論はできても、分析したい事象を明確にするというような議論は難しいのではないかと思います」(表2:C)、「視覚的に情報を共有できるという点で、モデル図ベースの開発は効果的でした」(表3:F)、「モデル図は私たちにとって、いわば、共通言語のような働きを持っていて、それを使うことで、お互いの思考の理解の共有化が、円滑に行われました。ペア・モデリングをする際に2人でプログラミングでの記述をい合うのではなく、自分たちの作ったモデル図を用いて会話ができるのが非常に便利なおところだと思います」(表2:D)という。

#### 5.4 個人に還元できない成果

以上のような効果が複合的にはたらくことによって、ペアのコラボレーションの効果として、「初心者同士試行錯誤できたことはモデル完成に非常に貢献したと感じているので、2人でなければ作れなかったと思います」(表1:B)というように、個人に還元できないという点が指摘されている。また、「モデルの作成・破壊のサイクルが早まり、1人でやるよりも高品質なモデルが早く完成した」(表2:C)、「1人でも作成は不可能ではなかったと思います。しかし、その分モデルの品質の低下や時間的コストの増加という結果をまねくことになったと思います」(表3:F)というように、効率や品質面での向上についての指摘もある。

以上の結果は、初心者や熟練者にかかわらず、またペアの組み方にかかわらず同様の指摘されていることから、ペア・プログラミングの原理が働いていることを示唆している。

#### 5.5 ペア・モデリングのデメリット

ペア・モデリングのデメリットとしては、相手の思考・行動次第で自分に影響があるという問題がある。「1人がある考えに固執していて進まないときなど、1人のほうが効率良いこともあると思いました」(表1:A)というコメントや、「1人がツールを使わずにモデルについて思考していると、その間もう片方の1人が暇になってしまうときがあること」(表3:F)がデメリットだという意見があった。

また、スケジュールを合わせるという面での問題もある。「お互いがスケジュールを合わせるために、休める時間やオフ日、プライベートの時間がかなりなくなってしまいます」(表1:B)というコメントや、「スケジュールが合わない場合は、人数が少ないので影響が大きく、作業の進展が一気に低下します」(表3:E)という意見もある。これらの問題の解決については今後の課題である。

## 6. おわりに

本論文では、ペア・モデリングの方法について提案し、ペア・モデリングの原理を社会システム理論に基づいて考察してきた。そして、私たちの提案するモデリングツールを用いたペア・モデリングの実践事例を紹介した。この実践事例でのフィードバックから、ペア・モデリングが有効であることが示唆された。しかし今回の実践では、作業時間や工程に関する定量的な把握ができていないため、その評価については今後の課題としたい。

なお、本論文で紹介した PlatBox のツールは、私たちのプロジェクトのホームページ <http://www.platbox.org/> で公開している。もし興味がある方がいれば、ぜひダウンロードして、ペア・モデリングを体験してみたいと思う。

謝辞 本論文を書くにあたり、有益な情報をいただいた宇佐美絢子さん、杉山公一郎さん、山田治奈さん、鈴木祐太さん、古川園智樹さん、清水たくみさん、野村奈津子さん、国友美千留さん、津屋隆之介さん、青山希さん、そして、数年前ペア・プログラミングについて熱く語ってくれた久保裕也さんに感謝したい。

## 参考文献

- 1) 青山 希, 松澤芳昭, 井庭 崇, 大岩 元: モデリング言語による社会シミュレーション構築環境, 情報処理学会研究報告 MPS-56, pp.17-20 (2005).
- 2) Iba, T.: Understanding Social Complex Systems with PlatBox Simulator, *The 5th International Conference on Computational Intelligence in Economics and Finance*, pp.64-67 (2006).
- 3) Iba, T., Aoyama, N., Takada, Y. and Murakami, Y.: A Collaborative Tool for Modeling and Simulating Social Complex Systems, *The First International Conference on Knowledge, Information and Creativity Support Systems*, pp.239-244 (2006).
- 4) Williams, L. and Kessler, R.: *Pair Programming Illuminated*, Addison-Wesley Professional (2002). 長瀬嘉秀, 今野 睦 (監訳): ペアプログラミング: エンジニアとしての指南書, ピアソン・エデュケーション (2003).
- 5) Wake, W.C.: *Extreme Programming Explored*, Addison Wesley (2001). 長瀬嘉秀, 今野 睦 (監訳): XP エクストリーム・プログラミングアドベンチャー, ピアソン・エデュケーション (2002).
- 6) Luhmann, N.: *Soziale Systeme: Grundriß einer allgemeinen Theorie*, Suhrkamp Verlag,

- Frankfurt am Main (1984). 佐藤 勉 (監訳): 社会システム理論, 上下巻, 恒星社厚生閣 (1993).
- 7) Luhmann, N.: *Die Kunst der Gesellschaft*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main (1995). 馬場靖雄 (訳): 社会の芸術, 東京大学出版会 (2004).
- 8) 井庭 崇: コミュニケーションの連鎖としての組織と社会, *InterCommunication*, 2006年春号, pp.164-172, NTT出版 (2006).
- 9) 井庭 崇: コラボでつくる!—コミュニケーションの連鎖による創発, 創発する社会, 国領二郎 (編著), pp.68-85, 日経 BP 企画 (2006).
- 10) 井庭 崇: オープン・コラボレーションのメカニズム: オープンソース開発再考, 情報社会学会誌, Vol.2, No.2, pp.34-51 (2007).
- 11) 井庭 崇: コミュニケーションの連鎖による創造とパターン・ランゲージ, *社会・経済システム*, Vol.28, pp.59-67 (2007).
- 12) 国友美千留, 井庭 崇: 震災復興における治癒のコミュニケーションとメディア, *社会・経済システム*, Vol.28, pp.69-77 (2007).
- 13) 井庭 崇, 津屋隆之介, 青山 希: 社会シミュレーションの構築のためのモデルパターン, 情報処理学会研究報告 MPS-56, pp.21-24 (2005).
- 14) Barabási, A.-L.: *LINKED: The New Science of Networks*, Perseus Book Group (2002). 青木 薫 (訳): 新ネットワーク思考: 世界のしくみを読み解く, NHK 出版 (2002).
- 15) 宇佐美絢子, 津屋隆之介, 井庭 崇, 高安秀樹: 外国為替市場モデルの構築: 円ドル市場の再現と為替変動分析, FCS/MPS 計算科学シンポジウム, pp.337-344 (2005).
- 16) 鈴木祐太, 古川園智樹, 青山 希, 井庭 崇: 動的ネットワークの可視化ツールの構築, 情報処理学会研究報告 MPS-58, pp.81-84 (2006).
- 17) Watts, D.J.: *Small Worlds: The Dynamics of Networks Between Order and Randomness*, Princeton University Press (2004). 栗原 聡, 佐藤進也, 福田健介 (訳): スモールワールド: ネットワークの構造とダイナミクス, 東京電機大学出版局 (2006).

(平成 18 年 12 月 16 日受付)

(平成 19 年 10 月 1 日再受付)

(平成 19 年 10 月 11 日採録)



井庭 崇 (正会員)

1974 年生。1997 年慶應義塾大学環境情報学部卒業。2003 年慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科後期博士課程修了。博士 (政策・メディア)。千葉商科大学政策情報学部専任教員 (助手), およびフジタ未来経営研究所リサーチフェロー等を経て, 現在, 慶應義塾大学総合政策学部専任講師。共著書に『複雑系入門』, 『総合政策学の最先端 IV』, 『進化経済学のフロンティア』, 『創発する社会』, 共訳書に『社会シミュレーションの技法』等。進化経済学会, 社会・経済システム学会, 日本社会学会各会員。