

ペア・モデリングの方法と実践

井庭 崇[†]

[†] 慶應義塾大学 総合政策学部

要旨 本発表では、二人のモデル作成者によってコラボレーティブにモデリングを行なう「ペア・モデリング」という方法を提案する。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と比べて、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、私たちの提案するモデリングツールを用いた実践事例のコメントを取り上げる。また、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を援用し「コミュニケーションの連鎖」という視点で明らかにする。

キーワード モデリング, ペア・プログラミング, コンピュータ・シミュレーション, 社会システム理論, コラボレーション

A Method and Practices of Pair Modeling

Takashi IBA[†]

[†] Faculty of Policy Management, Keio University

Abstract 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. The point is, two of them make up their weak part with the process of making a model, and by doing so it generates the multiplier effect. We take up some comments given by the modelers about the process and advantages of pair modeling. In addition, we discuss what happens in pair modeling, applying social system theory, which is an autopoietic theory proposed by the sociologist Niklas Luhmann. As a conclusion, we suggest that pair modeling is effective method for collaborative thinking, which is essentially different from single modeling.

Key words modeling, pair programming, computer simulation, social system theory, collaboration

1. はじめに

これまで私たち PlatBox Project^(注1)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提案を行ってきた(図1)[1],[2]。これらのツールを用いることで、プログラミング言語に馴染みのない社会学者やビジネスマンなどが、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を期待している。

そのような状況を想定するとき、モデリング活動の方法も革新が必要となるだろう。ひとりでモデルを作成し、それを分析した後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、その過程においても組織学習が絶えず起きているというような新しいモデリング活動の捉え方と方法論が求められている。そこで、本論文では、二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として、「ペア・モデリング」という方法を提唱する[3]。これは、ソフトウェア開発における「ペア・プログラミング」[4]と呼ばれる手法の応用である。さらに本論文では、私たちの実践事例におけるモデル作成者のコメントを紹介するとともに、ペア・モデリングの本質を理解するために、社会システム理論を援用してそのメカニズムを理解することにしたい。

2. ペア・モデリング

モデリングというと、画面に向かって孤独に作業しているというイメージがある。これに対し、ペア・モデリングでは、1台のコンピュータを二人のモデル作成者が同時に使い、画面での操作と会話によっ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。役割分担としては、まず「ドライバー」と「ナビゲーター」に分かれる。ドライバーは、コンピュータに対してキーボードで打ち込んだりマウスで操作し、実際にモデルを作成していく。そしてナビゲーターは、ドライバーの作業を横から眺めて、「そこは違うんじゃないか」といったミスの指摘や、「次はここだね」といった、全体像と進め方の戦略を把握しておく。そしてしばらくすると両者は交代する。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。

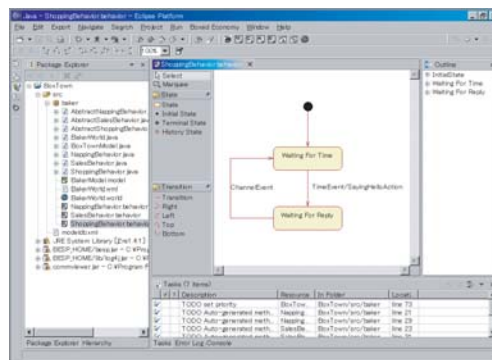


図1 PlatBoxにおけるモデリングツール Component Builder



図2 ラップトップ PC を用いたペア・モデリング

ペア・モデリングの成果は、二人で別々のモデルを作成した後に合成するよりも、質が高くなり生産性も向上すると思われる。このような可能性が示唆されるのは、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、二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わかっている[4]。なぜこのような向上が見られるかという、「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」[5]ためである。ペア・モデリングも同様の効果が得られると期待できる。

3. 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。

まず第一に、ラップトップコンピュータによるペア・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、多くのモデル作成者が、どんな場所でも、特別な準備なしで行なうことができ

(注1): <http://www.platbox.org/> .



図3 タブレット PC を用いたペア・モデリング

る。問題は、画面の大きさが小さいことが多いため、モデル図や文字が読みづらくなるという点である。

第二に、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。例えば 20 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。

第三に、タブレット型 PC を用いたペア・モデリングである (図 3)。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であるという点である。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無しで、モデル図とビジュアル言語を用いるため、ペンでのフリーハンドの入力および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、二人がその場の流れに応じて、臨機応変に「ドライバー」になることもできる。問題点としては、タブレット型 PC を用意しなければならないことである。

これらの実現形態別の効果について測定・評価は今後の課題である。

4. ペア・モデリングの事例

ここで紹介する事例は、慶應義塾大学井庭崇研究

室で行ったシミュレーションモデルの作成におけるペア・モデリングである。ペア・モデリングのプロセスと、長所・短所、そしてツールの効果に関するモデル作成者のコメントを紹介する。

図 4 は、ネットワークのモデルを作成した「初心者 - 初心者ペア」の場合のコメントである。図 5 は、金融市場モデルを作成した「熟練者 - 初心者ペア」の場合のコメントである。図 6 は「熟練者 - 熟練者ペア」の場合のコメントである。これらのコメントから、ペア・モデリングは有効であることが示唆されたと思われる。

5. 考 察

ペア・モデリングの効果について、メカニズムについて詳しく考えてみることにしたい。ここで考えたいのは、一人のモデリングとペア・モデリングには本質的な違いがあるのかという問題である。結論を先取りしていえば、ペア・モデリングは一人のモデリングとは本質的に異なる活動であると捉えるのが適切だと思われる。

以下では、ペア・モデリングの活動では何が起きているのかを、社会システム理論を援用して理解することにしたい。社会システム理論とひとくくりに言ってもいくつか種類があるのであるが、ここで取り上げるのは社会学者ニクラス・ルーマン (Niklas Luhmann: 1927-1998) の提唱するオートポイエーシスの社会システム理論である [6]。

まず最初に社会システム理論についてごく簡単に紹介した後に、その理論からみるとペア・モデリングをどのように捉えることができるのかを論じていく。

5.1 社会システム理論

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) の概念にもとづいている。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」[7] システムのことである。

従来の社会学では、社会の要素は主体 (もしくは行為) だと考えられてきたのであるが、ルーマンは、社会システムの構成要素はコミュニケーションであるとし、社会は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だと捉えた (図 7)。そして、経済 [8]、法 [9]、政治、芸術 [7]、学問、教育 [10]、マスメディア [11]、宗教、家族、歓談、看護などの幅広い対象について、このシステム

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、ということの繰り返しでした。二人ともつまづいてしまい、どうにも進まない時は、何が問題かを一度整理したあとに、先輩に質問して助けて頂きました。

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、前回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、二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様々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。自分ともう一人しかいないので、思う存分、納得がいくまで話し合える。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、一人がある考えに固執して進まないときなど、一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、悩む所でもないような事でいつまでも頭を悩まし、随分遠回りをしてしまったようにも思います。ただ、何もわからないもの同士、試行錯誤を繰り返す過程で、新しく知識を得られた時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わかりました。ペアで作業することによって、自分の能力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全くないので、一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

二人共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時もありました。また一つのパソコンを二人で共有して意見を言い合う形も取りました。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。また二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出来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、二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、プライバシーの時間がかなりなくなってしまいます。

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、私達二人では出来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出来たので、Component Builder でなければ出来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、二人でプログラムの記述を言い合うのではなく、自分達の作ったモデル図を用いて会話出来るのが、Component Builder の非常に便利なところだと思います。

図 4 初心者 - 初心者ペアの場合のモデル作成者のコメント

理論を用いて分析・考察を行っている。

さらに、人間の思考もオートポイエティック・シ

ステムであり、これを「心的システム」という。心的システムは、意識が意識を生み出すという連鎖で

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、自分が経験からわかってしまった答えをどこまで教えて、どこまで隠すかを常に考えるので、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、一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たかもしれない。だが、モデルに対する理解は全く違うと思います。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、一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、週に多い時には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、作業効率はよ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一人のときよりきちんと行うことができた。

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。モデル図は私達にとって、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二人でプログラミングでの記述を言い合うのではなく、自分達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ところだと思います。

図 5 熟練者 - 初心者ペアの場合のモデル作成者のコメント

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、絶えず意識を生み出し続ける必要がある。心的システムは作動上は閉じたシステムであり、システムの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。そのため、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。それゆえ、コミュニケーションが不可欠となる。

これに対し、社会もオートポイエティック・システムであり、これを「社会システム」という。社会シ

ステムは、コミュニケーションがコミュニケーションを生み出すという連鎖で成り立っている。コミュニケーションは意識は瞬時に消えてしまう出来事であるので、絶えず意識を生み出し続ける必要がある。社会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コミュニケーションを入力したり出力したりすることはできない。

ルーマンによると、コミュニケーションは《情報》、《伝達》《理解》という3つの部分からなるひとまと

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、二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、二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行えること、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、一人がツールを使わずにモデルについて思考していると、その間もう片方の一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、一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、一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。従って、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ができると思います。

図 6 熟練者 - 熟練者ペアの場合のモデル作成者のコメント

まりの出来事である (図 8) 。ここで注意が必要なのは、コミュニケーションはメッセージの移転ではなく、他者の《理解》があっはじめてコミュニケーションが成立するという点である。それゆえ、コミュニケーションは社会レベルの創発的な出来事であり、個人の行為に還元することはできないのである。

以上を要約しておく、世界には心的システムと社会システムというオートポイエティック・システムが存在している。心的システムは意識を再生産しつつ、社会システムはコミュニケーションを再生産しつつ、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、融合してひとつのシステムになるということはない。

このシステムとシステムのカップリングを担うものとして「メディア」がある。意識とコミュニケーションをつなぐメディアの一つが「言語」である。言語は、コミュニケーションの手段であるとともに、思考を形づく作ることに寄与することになる。

5.2 社会システム理論で捉えるペア・モデリング

ここで社会システム理論のパースペクティブで、モ

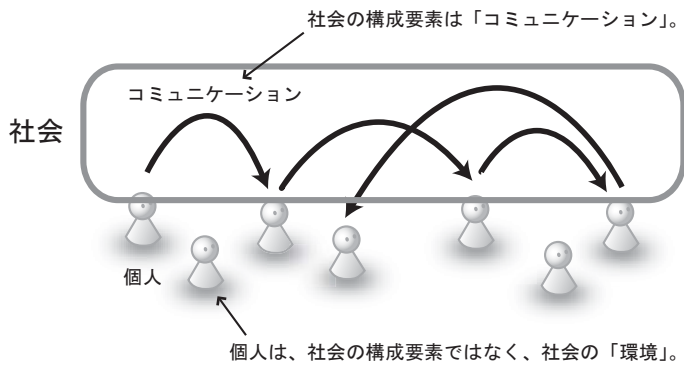


図 7 社会のコミュニケーション

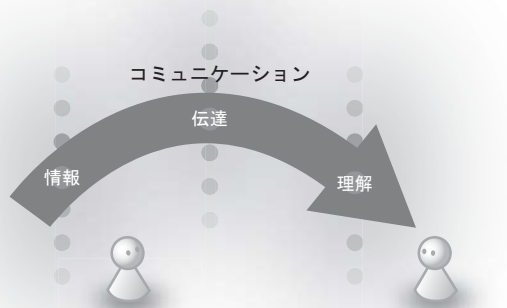


図 8 《情報》《伝達》《理解》で構成される「コミュニケーション」

モデリング活動を理解することにしたい。一人のモデリングでは、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)。これに対して、ペア・モデリングの場合は、それぞれのモデル作成者の心的システムの意識の連鎖によって生み出すほか、社会システムのコミュニケーションの連鎖によって生み出している。

重要なのは、頭のなかで考えていることをコンピュータ上のモデルに表現するという「外部化」、そしてそれを見て理解するというプロセス以外に、となりにいる人と会話をする(コミュニケーションをする)という点にある。たとえばいま自分がなにをしているのか、そして行き詰ったとしたらなぜ行き詰っているのかと考えると、突然キーボードを打つ手が止まってしまう。すると、ペアの相手は不思議がる。そこで「どうしたの」「あの変数ってどういうものだったっけ」という話になれば、隣りの人が「それはこうだ」「ちょっと調べてみよう」と会話がどんどん連続していくことになる。そして、つくることが促進されていくということになる。しかもモデルを描いている人は、主導権は持っているけれども、その人だけでモデリングをしているわけでは

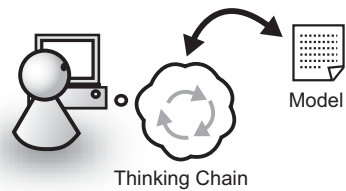


図 9 一人でのモデリングのメカニズム

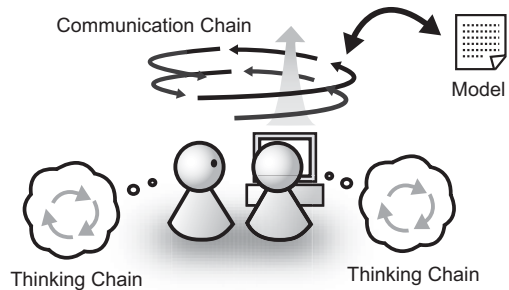


図 10 ペア・モデリングのメカニズム

ない。横から口を出していくことで、どっち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。

このようなモデリングのプロセスにおいて、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、場合によっては、プログラミング言語やパターン・ランゲージも駆使してコミュニケーションと思考を行っている^(注2)。

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となっており、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、創造にかかわっているのである。それゆえペア・モデリングでは、個人を超えた創発的な利点が生じるのである。

6. おわりに

本論文では、二人のモデル作成者のコラボレーションによってモデリングを行なう「ペア・モデリング」の方法を提案し、具体的な事例とその原理について述べてきた。本論文で少しか紹介した PlatBox のツールは、私たちのプロジェクトのホームページ

(注2): コラボレーションについては文献[12], コラボレーションにおけるパターン・ランゲージの効果については文献[13], マルチエージェントシミュレーションモデルのパターン・ランゲージの提案については文献[14], をそれぞれ参照してほしい。

<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してほしいと思う。

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 (2005).
- [2] Iba, T.: Understanding Social Complex Systems with PlatBox Simulator, The 5th International Conference on Computational Intelligence in Economics and Finance (2006).
- [3] Iba, T., Aoyama, N., Takada, Y. and Murakami, Y.: A Collaborative Tool for Modeling and Simulating Social Complex Systems, International Conference on Knowledge, Information and Creativity Support Systems (2006).
- [4] Williams, L. and Kessler, R.: Pair Programming Illuminated, Addison-Wesley Professional (2002). ローリー・ウィリアムズ, ロバート・ケスラー, 『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). ウィリアム・C・ウェイク, 『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). ニクラス・ルーマン, 『社会システム理論』, 上下巻, 佐藤勉 (監訳), 恒星社厚生閣, 1993.
- [7] Luhmann, N.: DIE KUNST DER GESELLSCHAFT, Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main (1995). ニクラス・ルーマン, 『社会の芸術』, 東京大学出版会, 2004.
- [8] Luhmann, N.: Die Wirtschaft der Gesellschaft, Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main (1988). ルーマン, 『社会の経済』, 春日淳一 (訳), 文真堂, 1991.
- [9] Luhmann, N.: Das Recht der Gesellschaft, Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main (1993). ニクラス・ルーマン, 『社会の法』, 第1巻, 第2巻, 馬場靖雄, 上村隆広, 江口厚仁 (訳), 法政大学出版局, 2003.
- [10] Luhmann, N.: Das Erziehungssystem der Gesellschaft, Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main (2002). ニクラス・ルーマン, 『社会の教育システム』, 村上淳一 (訳), 東京大学出版会, 2004.
- [11] Luhmann, N.: Die Realitat der Massenmedien, Westdeutscher Verlag (1996). ニクラス・ルーマン, 『マスメディアのリアリティ』, 木鐸社, 2005.
- [12] 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)), 日経 BP 企画 (2006).
- [13] 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・経済システム学会第25回大会 (2006).
- [14] 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 (2005).