

エージェントシミュレーションによる 産業集積におけるものづくりシステムの分析

横川 大[†] 山田隆志[†] 寺野隆雄[†]

† 東京工業大学大学院総合理工学研究所知能システム科学専攻 〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田 4259
E-mail: †{masaru,tyamada}@trn.dis.titech.ac.jp, ††terano@dis.titech.ac.jp

あらまし 産業集積と呼ばれる地域でオンラインものづくりという新しいものづくりの形態が進んでいる。オンラインものづくりでは最終消費者である発注者がオンラインで直接企業などに発注をする仕組みがある。しかし、現状は課題も多くなかなか成果に結びつくことはない。その反省を受け、コーディネータと呼ばれる組織が、発注者のニーズを的確に捉え、それを完成させるのに必要な技術を持った複数の企業を連携させプロジェクトを進めることが必要と言われている。そこで、本研究ではオンラインものづくりのコーディネータの存在の意義とコーディネータの持つ能力の必要性に関してエージェントシミュレーションを用いて分析する。

キーワード エージェントシミュレーション 産業集積 ものづくりシステム

Analyzing Online Manufacturing in Industrial Accumulation through Agent-based Simulation

Masaru YOKOKAWA[†], Takashi YAMADA[†], and takao TERANO[†]

† Department of Computational Intelligence and Systems Science Interdisciplinary Graduate School of
Science and Engineering Tokyo Institute of Technology

E-mail: †{masaru,tyamada}@trn.dis.titech.ac.jp, ††terano@dis.titech.ac.jp

Abstract This study investigates the roles of coordinators in an online manufacturing system focusing on the interactions of coordinators and small firms by agent-based simulation. There are two types of agents, coordinators and small firms working together to complete an ordering, in the proposed model. Both the agents have a skill tug and a company network respectively. The skill tug for the coordinators is used for judging which skills are requisite for the project, whereas that for the firms stands for the skills available for them. When an ordering comes, either a coordinator or a company may accept it in accordance with its motivation. The agent undertaking the project needs to look for necessary companies with technologies using the skill tug and the company network. As a result, the simulation results show that a coordinator with plentiful knowledge about skills makes projects successful.

Key words Agent simulation industrial accumulation manufacturing system

1. はじめに

近年、様々なものづくりの形態が生み出されている。例えば一つには Build To Order [1], 二つには「空想生活」や「たのみこむ」に代表されるクラウドソーシング [2], 三つ目には「モノシティ」, 「DAIKOC」等といったオンラインものづくり [3,4] がある。こういったものづくりの形態が生み出された背景として一般消費者のニーズの多様化とそれを拾いあげるインターネットの発展により、大量生産の時代から短納期多品種少量生産の時代にシフトしてきている。

一方、製造現場の環境も変化してきている。ものづくりの現場の一つである、中小企業が密集する産業集積に着目すると、産業集積の代表的な例は東京都大田区、大阪府東大阪市や長野県諏訪・岡谷地域などがある。従来では、こういった地域は、

さまざまなものづくりを行い、大手製造業の競争優位性を裏で支えたきた [5]。しかし、近年の価格競争を受け、大量生産の拠点はアジア諸国に移転してきており、大企業の下請けとして機能してきた産業集積は弱地に立たされている [6]。そういった中、産業集積は、独自の利点を活かして、中小企業自らでもものづくりに取り込む動きがある。 [7,8,9]。産業集積の利点としては、さまざまな中小企業が立地しているため、人・設備・情報の密度が高く、また中小企業の生産能力と足の速さを活かして小ロットサイズでの生産を短納期で実現できるといった点が挙げられる [10]。

こういった社会的背景を受け、現在産業集積ではオンラインものづくりが注目されている。オンラインものづくりとは、産業集積を中心とする生産者側（作り手）のノウハウと消費者・利用者（使い手）のニーズが情報ネットワーク上で蓄積され、

両者がコラボレーションしながら行うものづくりである [11,12] 具体的には、ネットワーク上で生産者と消費者をダイレクトに結びつけ、生産者側が消費者のニーズを実現するというものである。産業集積上の中小企業間のネットワークと独自の技術を利用すれば、消費者のさまざまなニーズを満たすことができる。またたとえ一つのニーズが多岐に渡りそれらが少量であっても、産業集積における中小企業が多様性と、中小企業の生産規模を考えれば、そのニーズを実現することができる。現在こういったものづくりが提唱されており、超多様性生産とも呼ばれており、産業集積を活性化させる手段として考えられている [13]。

しかしながら、オンラインものづくりは別の問題がある。一つには、素人である消費者が発注者になることである。これは、素人であるが故に、プロである中小企業との担当者と間にコミュニケーションが図れないことがあり、そのため中小企業側も消費者と直接結びつく意欲がない。二つ目の問題は発注されるものがそもそも既存商品ではないために、生産ラインが確立しておらず、複数の会社を新たに組み合わせて作らないといけないことがある。

これらの問題点を解決するために、“コーディネータ”の役割が必要だろうと言われている。コーディネータとは、発注を正確に理解して、それを実現するにふさわしい中小企業を何社か組み合わせて企業同士の連携を助ける。また発注者の意見を正確に生産者側に翻訳し、発注者側にも理解を求める。本研究では、目的を以下とする。1) オンラインものづくりにそのコーディネータが本当に必要なのか、またそのコーディネータにはどのような能力がないとオンラインものづくりが機能しないのか、2) コーディネータを導入した際、産業集積の中小企業間のネットワークは活性化するか、以上二点をエージェントベースシミュレーション (ABS) [14] を用いて分析する。

2. 本研究の位置づけ

産業集積上でのコーディネータやオンラインものづくりを対象とした関連研究としては、出口、大橋、松田の研究があげられる。

出口は、産業集積における情報ネットワーク上でのものづくりのビジネスプロセスについて分析・調査している [15,16]。ここではコーディネータの重要性を提唱し、コーディネータがどのようにものづくりのプロジェクトをまとめてビジネスプロセスを展開すると有効なのかについても分析している。ただし、ここではコーディネータの能力や知識がビジネスプロセスに与える影響についての分析されていない。

また大橋の研究では、長野県諏訪・岡谷地域におけるオンラインものづくりの取り組みを紹介している [7,8]。この研究では、オンラインものづくりが産業集積を活性化させる手段と位置付けている。しかし実際にコーディネータやオンラインものづくりが中小企業に与える影響については分析はされていない。

松田らの研究では、PC シャーシを試作事例としてオンラインものづくりの実験を行っている。ここでは産業集積の製造者(中小企業)間の密なネットワークを活かす必要があると指摘している。またオンラインものづくりに消費者と製造者の関係の重要性についても指摘している [11]。しかし中小企業間のネットワークや中小企業のオンラインものづくりへの参加がプロジェクトに与える影響についての分析はされていない。

これらの研究では、特定のコーディネータの働きあるいは特定のプロジェクトから知見を得ている。しかし様々なプロジェクトに対してのコーディネータの働きや特定の企業については分析ができておらず、またオンラインものづくりでのコーディネータが産業集積全体に与える影響などは分析できていない。さらに研究の性質上、プロジェクトの成功を事前に予測することは不可能である。これらの関連研究の問題点を解決する一つ

のアプローチとしてシミュレーションがある。なおオンラインものづくりを対象としたシミュレーションは存在していない。

3. モデルの説明

本研究は、産業集積におけるオンラインものづくりを扱ったモデルである。コーディネータあるいは中小企業は一般消費者からニーズを受け付け、ものづくりを行う。なおモデル化にあたり、長野県諏訪市の複数の中小企業に聞き取り調査を行った。以下オンラインものづくりのモデルの概要およびモデルの進行を説明する。

3.1 モデルの概要

図1は本シミュレーションの概念図である。一般消費者からプロジェクトを受け付けたコーディネータエージェントが、中小企業間のネットワークを活かしてプロジェクトを発注している様子を表す。一般消費者からのニーズがまとまって発生したものを、ものづくりのプロジェクトPとする。中小企業がn社いるとすると中小企業全体は、 $S = \{s_i | i = 1, \dots, n\}$ と記述される。同様にコーディネータがm社いるとするとコーディネータ全体は $C = \{c_i | i = 1, \dots, m\}$ となる。エージェントAは、 $A = S \cup C$ とする。 s_i は、参加意欲、スキルタグ、社会ネットワーク、 c_i はスキルタグ、社会ネットワークというパラメータを持つ。以下にそのパラメータを持つ。

各 s_i はものづくりの技術を持ち、同様に c_i は、ものづくりの技術の知識を持つ。それらをタグで表現し、スキルタグとする。 s_i は、自身のスキルタグを用いてもものづくりを行い、 c_i は、消費者から話を聞いて、技術を特定し、その技術について s_i に注文を出す。タグの各カラムが、それぞれの技術や知識を持っているかを示し、それぞれ0,1で表す。カラム全体で当該の産業集積全体の技術要素を表している。またプロジェクトPに必要な技術を、同様にスキルタグで表現する。また、技術をもっている、仕事はお互いの信頼関係や過去の実績などで効率や仕事そのものの話がきたりする。そのことを社会ネットワークで表現する。エージェント間につながりを持つとき、リンクとし、これをLと表し、Lは強度を持つ。例えば、 S_1 社が S_2, S_3 社と付き合いがあるとき、対称性を持つものとし、その強度を $L_{s1,s2} = L_{s2,s1}$ と表す。次に各中小企業エージェントはオンラインものづくりでユーザから直接プロジェクトを受け付ける意欲を持つものとする。それを参加意欲 m_i とする。

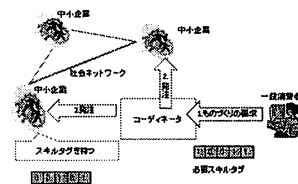


図1 モデル概念図

3.2 モデルの進行の概要

プロジェクトP発生時、コーディネータエージェントもしくは中小企業エージェントの中からスキルタグや参加意欲をもとに、プロジェクトPをエージェントが引き受ける。

コーディネータエージェントがプロジェクトを引き受ける場合、コーディネータエージェントは自身のスキルタグをもとにプロジェクトPに必要な技術を見積もる。中小企業エージェントがプロジェクトを引き受ける場合、自身のスキルタグを用いてプロジェクトを実行する。その後、プロジェクトを引き受けるエージェントが、他の中小企業エージェントに、見積もったプロジェクトもしくは、実行できなかったプロジェクトを割

```

//ステップ(1)の説明
プロジェクト発生
プロジェクトのスキルタグ、ランダムに決定
//ステップ(2)の説明
n(ステップ数)>n(ステップ目){
  //コーディネータエージェント参加決定;
  参加候補配列Aにコーディネータエージェント挿入;
}
//ステップ(3)の説明
for(int i=0;i<中小企業.length;i++){
  if(中小企業[i].参加意欲呼出し>0.0~100.0の乱数){
    //中小企業[i].参加決定;
    参加候補配列Aに中小企業[i]挿入;
  }
}
if(参加候補配列A.length==0){
  return;
}
//ステップ(4)の説明
配列Aの中から、プロジェクトを受け付けるエージェントを決定;
(プロジェクトのスキルタグとエージェントのスキルタグの一致率に応じてルーレット選択法を用いる)

```

図 2 (1)~(4) の擬似コード

り当てる。その後プロジェクト P の成否を決定し、社会ネットワークを生成および更新する。なおプロジェクトの成否はプロジェクトのスキルタグに対して、プロジェクトに参加する中小企業エージェントのスキルタグがすべて対応した場合、プロジェクト成功とし、対応できない場合プロジェクト失敗とする。またエージェントが、他の中小企業エージェントにプロジェクトを割り当て、発注できない場合プロジェクト発注不可能と分類する。以下に進行の詳細を示す。

3.3 モデルの進行の詳細

ステップ (1) -プロジェクトの発生

一般消費者からのニーズからプロジェクトが発生する。プロジェクトをタグで表す。

ステップ (2) -コーディネータの参加

コーディネータエージェントが n ステップ目以降でオンラインものづくりに参加するかを決定。参加の場合、 n ステップ以降コーディネータエージェントをプロジェクト受け付け候補に付ける。

ステップ (3) -中小企業の参加

オンラインものづくりに関して参加意欲がある中小企業エージェントがユーザからプロジェクトを受け付ける。そこで、プロジェクトを受け付ける中小企業エージェントの候補を参加意欲 m に応じて、プロジェクト受け付け候補に付ける。まずエージェントが持つ意欲 m_i とシグモイド関数を用いて、 $p1$ ($= \frac{1}{1+e^{-m}}$) を計算し、 $p1$ を確率として扱い、中小企業エージェントを受け付け候補に加える。ステップ (2) と (3) で受け付け候補がない場合、ここで 1 ステップ終了となる。

ステップ (4) -プロジェクトを受け付けるエージェント決定
プロジェクトを取りまとめる際、プロジェクトに要求される技術や知識部分をもたないコーディネータエージェントや中小企業エージェントが、そのプロジェクトを請け負うとは考えにくい。つまりプロジェクトをよく理解しているエージェントが、より選ばれやすくなる。そこで受け付け候補のエージェントの中から、プロジェクト遂行に必要なスキルタグとエージェントのスキルタグの重なっているタグ数に応じて、ユーザから直接プロジェクトを受け付ける中小企業エージェントあるいはコーディネータエージェントを 1 人、ルーレット選択法で選択する。

次にプロジェクトを受け付けるエージェントがコーディネータエージェントの場合と中小企業の場合に分けて説明する。コーディネータエージェントはプロジェクトの見積もりを行い、中

小企業エージェントにプロジェクトの発注を行う。プロジェクトを行う過程で、中小企業エージェントのスキルタグが足りない場合は、さらに他の中小企業エージェントにプロジェクトを発注を行う場合がある。

中小企業エージェントは、自身のスキルタグでプロジェクトを行い、スキルタグが足りない場合は他の中小企業に発注を行う。

```

//コーディネータエージェントがプロジェクトを引き受けた場合
//ステップ(5)の説明
プロジェクトの見積もり=コーディネータエージェントとプロジェクトのスキルタグの論理積;
//ステップ(6)の説明
if(発注する企業決定
  中小企業 i 発注先企業=assignProject(コーディネータ, プロジェクトの見積もり)
  if(発注先企業==null){
    プロジェクト発注不可能と分類;
    return;
  }
//ステップ(7),(8)の説明
if(executeProject(プロジェクト, 発注先企業)//発注先企業のスキルタグとプロジェクトのスキルタグを比較
  社会ネットワークの生成と更新, 中小企業の意欲の更新;
  プロジェクト成功と分類;
  return;
}else{
  実行できなかったプロジェクト=executeProjectで、満たされなかったプロジェクトのスキルタグ
  発注先企業とネットワークを持っている他の中小企業の2次参加候補配列Bを作成;
  配列Bをネットワーク数値順にソート;
  //他の中小企業に、実行できなかったプロジェクトを発注する
  二次参加中小企業=assignSecondCompany(コーディネータ, 配列B, 実行できなかったプロジェクト);
  if(secondCompany==null){
    社会ネットワークの生成と更新;
    中小企業の意欲の更新, プロジェクト失敗と分類;
    return;
  }
}else{
  社会ネットワークの生成と更新, 中小企業の意欲の更新;
  プロジェクト成功と分類;
}

```

図 3 (5)~(8) の擬似コード

コーディネータエージェントの場合

以下ここではコーディネータエージェントが (4) で、プロジェクトを受け付ける場合の説明をする。

ステップ (5) -プロジェクトの見積もり

プロジェクトの見積もりや判断は、ものづくりの知識や経験で左右されることを示す。プロジェクト P のスキルタグのうち、コーディネータエージェントのスキルタグと共通した部分 (論理積) を、コーディネータが認知したプロジェクト P' とし、タグで表現する。ただし P' では、プロジェクトの技術をコーディネータエージェントが見落とししている場合がある

ステップ (6) -発注

次にコーディネータエージェントが発注する中小企業エージェントを選び出す。コーディネータエージェントが持つ社会ネットワークの付き合い L_{c_j, s_k} を用いて、 $p2$ ($= \frac{1}{1+e^{-L_{c_j, s_k}}}$) を計算し、 $p2$ に応じて、発注可能な中小企業エージェントをピックアップする。さらにその中から、(5) で求めた P' のスキルタグに対して、最もカバー率の高い中小企業エージェントを選択し、 P' から、選択された中小企業エージェントのスキルタグを引く。その後、(5) で求めた P' の必要なスキルタグが、なくなるまで最もカバー率の高い中小企業エージェントを繰り返し選択する (最大五社まで)。なお発注可能な中小企業をピックアップできない場合、そのプロジェクトをプロジェクト発注不可能と分類し、1 ステップ終了となる。

ステップ (7) -プロジェクトの成否

全参加中小企業エージェントのスキルタグと本来のプロジェクト P のスキルタグを比較し、プロジェクト成否を決める。全参加中小企業エージェントのスキルタグの論理和がプロジェクトのスキルタグを満たした場合、プロジェクトは成功と分類する。足りない場合、スキルタグ不足部分を、ステップ (6) で選ばれた中小企業エージェントのリンクの中小企業エージェント

1社に発注する。その際、プロジェクトの不足部分のスキルタグを持つ2次参加の中小企業エージェントが選ばれる。このとき、選ばれる優先順位は、ステップ(6)で選ばれた中小企業とのリンクを持っている中小企業エージェントほど選ばれやすくなる。発注できない場合は、プロジェクト失敗と分類する。

ステップ(8)-更新

プロジェクトの成否に応じて社会ネットワークを生成および更新する。プロジェクトに参加したすべての中小企業エージェントとコーディネーターエージェントのすべてのリンク L を式(1)に基づいて更新する。また同様に参加した中小企業エージェントの参加意欲 m を式(2)に基づいて更新する。成功の場合と失敗の場合の更新に変化の差があるのは、損失回避性を表している。

$$L' = \begin{cases} L + 0.1 & (\text{成功の場合}) \\ L - 0.4 & (\text{失敗の場合}) \end{cases} \quad (1)$$

$$m' = \begin{cases} m + 0.1 & (\text{成功の場合}) \\ m - 0.4 & (\text{失敗の場合}) \end{cases} \quad (2)$$

```

//中小企業がプロジェクトを引き受けた場合
//ステップ(5)'の説明
if(プロジェクトのスキルタグ<プロジェクトを引き受ける中小企業のスキルタグ)
{
//プロジェクトの実行
中小企業の意欲の更新:
プロジェクト成功と分類:
return;
}
//ステップ(6)'の説明
else{
自らが実行できないプロジェクト=プロジェクトのスキルタグ<プロジェクトを引き受けた中小企業のスキルタグ;
//他の企業へ発注
中小企業 //発注先企業=assignProject(プロジェクトを引き受けた中小企業,自らが実行できないプロジェクト)
if(発注先企業==null){
プロジェクト発注不可能と分類:
中小企業の意欲の更新:
return;
}
}
//ステップ(7)'の説明
//発注先企業とプロジェクトのスキルタグを比較
if(executeProject(実行できないプロジェクト, 発注先企業))
{
社会ネットワークの生成と更新:
中小企業の意欲の更新,プロジェクト成功と分類:
return;
}
else{
社会ネットワークの生成と更新,中小企業の意欲の更新:
プロジェクト失敗と分類:
}

```

図4 (5)~(8)'の擬似コード

中小企業エージェントの場合

以下ここでは中小企業エージェントが(4)でプロジェクトを引き受ける場合の説明をする。

ステップ(5)'-プロジェクトの実行

プロジェクトのタグに対して、中小企業エージェントは自身のスキルタグを用いて実行する。実行するとは、プロジェクトのタグから、プロジェクトのタグと中小企業エージェントの共通部分のスキルタグを引くこれは、中小企業がプロジェクトを自社の技術を用いてもつくりを行っていることを表している。なおここで、プロジェクトに必要なタグが満たされた場合、プロジェクト成功と分類し、(8)'へ進む。

ステップ(6)'-プロジェクトの発注

(5)'でプロジェクトに必要なタグが満たされなかった場合、そ

表1 実験2パラメータ

中小企業エージェント数	100社
スキル確率	10,20,90%
中小企業社会ネットワーク率	20%
中小企業社会ネットワーク強度	1
中小企業初期参加意欲 m	-5
スキルの種類	18種類

の中小企業エージェントは、他の中小企業エージェントを選び、発注する。その際、発注を行う中小企業エージェントは、自身の社会ネットワーク L を用いて $p2 (= \frac{1}{1+e^{-L_{a,j,k}}})$ を計算し、 $p2$ に応じて、他の中小企業エージェントをピックアップする。なおここでピックアップできない場合、プロジェクト発注不可能と分類とし、その中小企業エージェントの参加意欲は(4)式で更新される。ピックアップした中小企業エージェントの中から、実行できなかったプロジェクトのカバー率に応じて、中小企業を1~5社までルーレット選択法で選択する。これを発注先の企業とする。

ステップ(7)'-プロジェクトの再実行

全参加中小企業エージェントのスキルタグと本来のプロジェクト P のスキルタグを比較し、プロジェクト成否を決める。全参加中小企業エージェントのスキルタグを足し合わせたスキルタグがプロジェクトのスキルタグを満たした場合、プロジェクトは成功と分類する。このときプロジェクト成功と分類する。足りない場合、プロジェクト失敗と分類する。

ステップ(8)'-更新

プロジェクトの成否に応じて社会ネットワークを更新する。つきあいを表す社会ネットワークを生成および、社会ネットワークの値を更新する。参加しているすべての企業とコーディネーターのすべての L を式(3)に基づいて更新し、同様に参加意欲 m を式(4)に基づいて更新する。成功の場合と失敗の場合の更新に変化の差があるのは、損失回避性を表している。

4. 実験

オンラインものづくりを分析するために2つの実験を行う。実験1は、コーディネータを導入せず、中小企業のみでオンラインものづくりを行うモデルの実験を行った。ここでは、オンラインものづくりが機能するために、コーディネータなしで、中小企業のスキルがどの程度必要なのか調べる実験2は、初期からコーディネータがオンラインものづくりに参入するモデルの実験である。ここで、実験1~2のパラメータの説明を行う(表1~表2)。コーディネーターエージェント数とは、コーディネーターエージェントの人数を表し、同様に中小企業エージェント数は、中小企業エージェントの数を表す。スキル確率とは一つのタグに対して、乱数を発生させ、それぞれのタグを満たす確率とする。それを各エージェントが持つ。社会ネットワーク率とは、エージェントが中小企業エージェントとリンクを持つ確率を表し、社会ネットワーク強度とは、そのリンク L の値を表す。中小企業参加意欲は、中小企業エージェントが持つ初期のオンラインものづくりに対する参加意欲を表す。スキルの種類とは、タグの種類を表す。

4.1 実験1

4.1.1 実験1の条件

実験1は、コーディネータを導入せず、中小企業のみでオンラインものづくりを行うモデルの実験を行った。実験でのパラメータを表1のようにした。

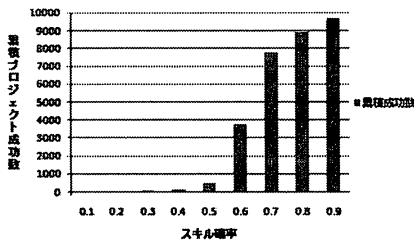


図5 各スキル確率の累積プロジェクト成功数
Fig. 5 accumulative success count

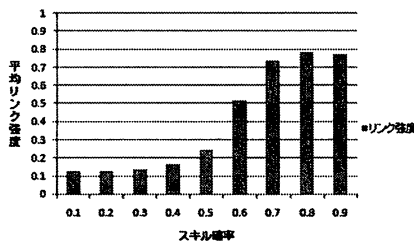


図6 各スキル確率の平均リンク強度
Fig. 6 average link intensity

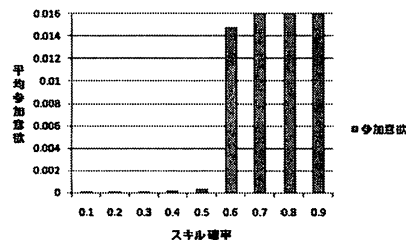


図7 各スキル確率の平均リンク強度
Fig. 7 average motivation

4.1.2 実験1の結果

中小企業エージェントのスキル確率を変えたときのシミュレーション結果を図5～図6にそれぞれ示す。図5は、各スキル確率の中小企業エージェントの累積プロジェクト成功数を表している。図6は、各スキル確率の中小企業エージェントの平均リンク強度をシグモイド関数に代入したものを表している。同様に、図7は、各スキル確率の中小企業エージェントの平均リンク強度をシグモイド関数に代入したものを表している。

縦軸はその値で、横軸は中小企業エージェントのスキル確率である。ここで、1ステップあたり20のプロジェクトがユーザから発生する。

4.1.3 実験1の考察

中小企業エージェントのスキル確率が60%以上のとき、ものづくりが機能した。プロジェクト成功数が確保され、参加意欲、リンク強度は初期値より上昇した。一方中小企業エージェントのスキル確率が50%以下のときは、平均リンク強度はわずかに上昇したものの、プロジェクトは確保されず、参加意欲は低下しオンラインものづくりは機能しなかった。

そこで、スキル確率60%の中小企業エージェントのパフォーマンス(プロジェクト成功数、平均リンク強度、平均参加意欲)をベンチマークとして扱う。

4.2 実験2

4.2.1 実験2の条件

ここではオンラインものづくりに各スキル確率のコーディネータエージェントを導入するモデルの実験を行った。実験のパラメータを以下の通りである。

表2 実験2パラメータ

コーディネータエージェント数	1人
スキル確率	10,20,90%
コーディネータ社会ネットワーク率	100%
コーディネータ社会ネットワーク強度	0
コーディネータ参入ステップ	0ステップ
中小企業エージェント数	100社
スキル確率	10,20,90%
中小企業社会ネットワーク率	20%
中小企業社会ネットワーク強度	1
中小企業初期参加意欲 m	-5
スキルの種類	18種類

4.2.2 実験2の結果

オンラインものづくりに各スキル確率のコーディネータを導入する場合の結果を表3～表5に示す。表の第一行が、中小企業エージェントのスキル確率を表し、第一列がコーディネータエージェントのスキル確率を表す。ここで、実験1で得たベンチマークを用いる(スキル確率60%の中小企業のパフォーマンス)。ベンチマークより高い場合、○、ベンチマークより低い場合を、×とする。表3は、中小企業の成功数、表4は中小企業の平均リンク強度、表5は平均参加意欲を表す。

表3 成功数

Table 3 success count

		中小企業			
		0.4	0.5	0.6	0.7
コーディネータ	0.1	×	×	×	○
	0.2	×	×	×	○
	0.3	×	×	×	○
	0.4	×	×	×	○
	0.5	×	×	○	○
	0.6	×	×	○	○
	0.7	×	×	○	○
	0.8	×	○	○	○
	0.9	×	○	○	○

表4 平均リンク強度

Table 4 average link intensity

		中小企業			
		0.4	0.5	0.6	0.7
コーディネータ	0.1	×	×	×	○
	0.2	×	×	×	○
	0.3	×	×	×	○
	0.4	×	×	×	○
	0.5	×	×	○	○
	0.6	×	×	○	○
	0.7	×	×	○	○
	0.8	×	×	○	○
	0.9	×	×	○	○

表 5 平均参加意欲
Table 5 average motivation

		中小企業				
		0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
コ ー デ ィ ネ ー タ	0.1	×	×	×	×	○
	0.2	×	×	×	×	○
	0.3	×	×	×	×	○
	0.4	×	×	×	×	○
	0.5	×	×	×	○	○
	0.6	×	×	○	○	○
	0.7	×	○	○	○	○
	0.8	×	○	○	○	○
	0.9	○	○	○	○	○

4.2.3 実験2の考察

まず、中小企業の成功数に着目する。スキル確率 80,90 % のコーディネータエージェントを導入すると、中小企業のスキル確率が 50 % でも、ベンチマーク以上の成功数を獲得することができた。一方スキル確率 10~40 % のコーディネータエージェントを導入して、ベンチマーク以上の成功数を稼ぐにはスキル確率が 70 % 以上持つ中小企業エージェントが必要だった。

次に平均リンク強度に着目する。スキル確率 50 % 以上のコーディネータがいると、中小企業のスキル確率がベンチマークと同じ 60 % でも、リンク強度は高い値を示した。スキル確率 10~40 % のコーディネータエージェントを導入すると、導入しない場合よりも低い値になった。

最後に平均参加意欲に着目する。ここでは、スキル確率が 70~90 % のコーディネータを導入するとスキル確率が 40 % の中小企業エージェントでも、ベンチマーク以上の高い値になった。一方スキル確率 10~40 % のコーディネータエージェントを導入して、ベンチマーク以上の参加意欲を確保するには、スキル確率が 70 % 以上持つ中小企業エージェントが必要だった。

このことより、知識が十分なコーディネータを導入すると、中小企業の技術レベルが不十分でもオンラインものづくりは機能することが示された。また反対に知識が乏しいコーディネータを導入するには、中小企業の技術レベルが高くないと機能しないことがわかった。

5. 結 論

本研究では、コーディネータをオンラインものづくりに導入した際の影響を検証した。実験1ではコーディネータを導入しない場合の実験を行い、実験2では、コーディネータを導入した実験を行った。その結果を用いて比較、分析を行い、以下の結論を得た。

技術に関して十分な知識を持つコーディネータを導入すると、プロジェクトの成功数を確保でき、中小企業の参加意欲が上昇し、中小企業間のつながりも強くなることがわかり、オンラインものづくりが機能することが確認できた。一方、ものづくりの知識が少ないコーディネータを導入すると、中小企業のオンラインものづくりに参加意欲を下げ、プロジェクトの成功数もコーディネータを導入しない場合と比較しても、そのため、未熟なコーディネータをオンラインものづくりに導入しても効果が得られないことがわかった。

今後の課題としては、コーディネータが知識を獲得して、成長するモデルの検討や技術を持たない中小企業が他の中小企業とのネットワークを持たせるような方策を考慮してシミュレーション内で実験を行うことである。

文 献

- [1] 加藤敏春：“「超」企業 ビジネスプロセスアウトソーシングから価値創造へ”，日本経済評論社，2001.
- [2] IT 情報マネジメント事典：“<http://www.atmarkit.co.jp/aig/04biz/crowdsourcing.html>”.

- [3] 寺野隆雄，鴨志田晃，山田隆志：“双方向情報推薦システムによるロングテールビジネスの支援”，第2回横幹連合コンファレンス予稿集，pp. 151-152, 2007.
- [4] 寺野隆雄，高橋雅和：“中小ロングテールビジネスを支える双方向情報推薦システム”，人工知能学会誌，Vol.23, No6, 別紙，2008.
- [5] 大橋俊夫：“新たな産業の創生と価値創造のために”，組織科学，Vol.36, No2, 15-27,2002.
- [6] 関 満博：“日本の工業集積の変容と挑戦-長野県岡谷の機械工業”，組織科学，Vol.36, No2, 4-14,2002.
- [7] 大橋俊夫，喜多一，出口弘：“新たな産業プラットフォームの模索-岡谷地域の挑戦”，SICE システムインテグレーション学会，2003.
- [8] 大橋俊夫：“諏訪地域の産業創出を目指して”，第20回自律分散システムシンポジウム資料，pp. 133-138，2008.
- [9] 野口 恒，門脇 仁：“独創性で勝ち残る！ 町工場・ベンチャー企業は負けない”，日刊工業新聞社，2003.
- [10] 喜多 一，木村 元，山崎保範，出口 弘：“大学と工業集積の協力による強化学習ロボットの施策”，第34回システム工学部会研究会，pp.25-34，2004.
- [11] 松井啓之：“オンラインものづくりの現状-17cm PC プロジェクトを事例として-”，第34回システム工学部会研究会，pp.13-18, 2004.
- [12] 松田直浩，森 幹彦，喜多 一：“利用者参加のものづくりプロセスとその課題”，国際プロジェクト&プログラムマネジメント学会 2007 年度春季 研究発表大会予稿集，pp. 325-333, 2007.
- [13] 喜多 一，宮本幸久，武井正博：“超多様性生産と情報技術”：プロジェクト支援の立場から，第34回システム工学部会研究会，pp. 55-58, 2004.
- [14] Axelrod, R. (著)，寺野隆雄 (監訳)：“対立と強調の科学 エージェント・ベース・モデルによる複雑系の解明-”，ダイヤモンド社，2003.
- [15] 出口弘：“工業集積上でのオープンものづくり”，組織科学，Vol.36 No2,pp38-53,2002.
- [16] 出口弘：“消費者と直結した分散型の生産システムと産業構造のビジョン”，第24回システム工学部会研究会，pp.7-12, 2001.
- [17] 宮沢拓志，稲垣伸吉，喜多一，寺野隆雄，湯浅秀男，出口弘，松木則夫，澤田浩之，小口祐司，大橋俊夫：“ロボット試作を事例としたオープン型ものづくりの調査 中小企業連合モデルワーキンググループの取り組みから”，第27回システム工学部会研究会，pp.1-5, 2002.