

# システム思考によるプロジェクトコミュニケーションモデルの提案

山本修一郎\*<sup>1</sup> 山本 佳和\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup>)名古屋大学大学院情報学研究科  
\*<sup>2</sup>)日本 IBM グローバルビジネスサービス

## A Project Communication Model by using System Thinking Approach

Shuichiro Yamamoto \*<sup>1</sup> Yoshikazu Yamamoto \*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup>) Nagoya University, Graduate school of Informatics  
\*<sup>2</sup>) Global Business Services, IBM Japan, Ltd

### 概要

筆者らは、協働型、状況型、自律型、内省型からなる開発プロジェクトの4種類のコミュニケーションパターンに基づくコミュニケーションの可視化手法を提案している。

本稿では、システム思考を用いて、協働型、状況型、自律型、内省型のコミュニケーション量の動的変化を予測できるモデルを提案する。

### Abstract

Authors have proposed a communication visualization method of system development projects. The method is based on four patterns which are collaboration, autonomy, reflection and situation patterns.

This paper proposes a dynamic model to predict communication volumes of collaboration, autonomy, reflection and situation patterns by using system thinking approach.

## 1. はじめに

筆者らは、ソフトウェア開発プロジェクトにおけるコミュニケーションを明らかにするため、ソフトウェア開発プロジェクトで必要となるコミュニケーションモデルの基本的な枠組みを構築している。具体的には、組織における個人に着目してコミュニケーションのモード並びに動的なモード間の遷移モデルを提案している。また、このモデルに基づきソフトウェア開発プロジェクトのコミュニケーションを可視化する方法を提案した。さらに、組織と個人の特性を定量化する測定手法を用いることにより、組織コミュニケーションの状態遷移シミュレーションモデルとその適用結果を明らかにした。

本稿では、システム思考を用いて、協働型、状況型、自律型、内省型のコミュニケーション量の動的変化を予測できるモデルを提案する。

これにより、以下のような効果が期待できる。

(効果 1) システム思考を用いたコミュニケーションモデルのシミュレーションによって、コミュニケーションの現状に基づいて、組織能力の下で将来のコミュニケーション

状態を予測できる。

(効果 2) 組織能力を変化させることで、あるべきコミュニケーション状態を実現するために、効果的な対策を探索できる。

以下では、2章で関連研究を説明する。3章でシステム思考を用いたコミュニケーションの発展モデルを提案する。4章では提案手法によるコミュニケーション発展のシミュレーションの具体例について述べる。5章で提案手法の有効性について議論する。最後に6章でまとめと今後の課題を説明する。

## 2. 関連研究

以下では、筆者らによるソフトウェア開発プロジェクトコミュニケーションの研究と、システム思考を用いたソフトウェア開発プロジェクト管理の研究動向について述べる。

### 2.1 コミュニケーションのモード遷移モデル

コミュニケーションの視点には2つの軸がある。まずコミュニケーション以外に目的のある目的合理的コミュニ

ケーションと、コミュニケーションすること自体を目的とする相互行為的コミュニケーションという軸である。もうひとつは、個人の内的なコミュニケーションと、個人と外部との社会的なコミュニケーションという軸である。この2つの軸によってコミュニケーションを次の4種類のモードに分類し、これらのコミュニケーションモードが相互接続しながら継続するプロセスとしてコミュニケーションをとらえるのがコミュニケーションモード接続モデルである。

- ①社会的で目的を持つときコミュニケーションを協働モードであるという。
- ②社会的であるが目的のないコミュニケーションを状況モードであるという。
- ③個人的で目的のあるコミュニケーションを自律モードであるという。
- ④個人的で目的のないコミュニケーションを内省モードであるという。

コミュニケーションは動的な活動であるから、上述した4つのコミュニケーションモードが、それぞれのモード間で遷移すると考えるのは自然である。したがって、先行コミュニケーションモードが、協働、自律、内省、状況のときに、後続コミュニケーションモードが、協働、自律、内省、状況の4個になることから、図1に示すように、全部で16通りのモード遷移があることになる。

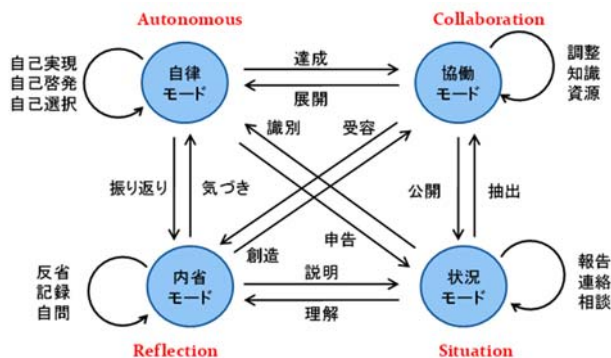


図1 コミュニケーションモード遷移モデル

筆者らは、このCARSモデルに基づいて、①自律、②達成、③展開、④協働、⑤公開、⑥抽出、⑦状況、⑧理解、⑨説明、⑩内省、⑪気づき、⑫振り返りからなる12項目に集約することにより、コミュニケーション指数チャート(図2)を用いてコミュニケーションモードを可視化する手法を提案している。

12項目に集約した理由は、自律モードと状況モード、ならびに、内省モードと協働モード間の4遷移は、隣接するモード間遷移である12遷移によって、それぞれ、実現されると考えたためである。つまり、これらの4遷移が、それぞれ、理解と気づき、振り返りと説明、公開と理解、創造は説明と抽出などによって代替できると考えたからである。

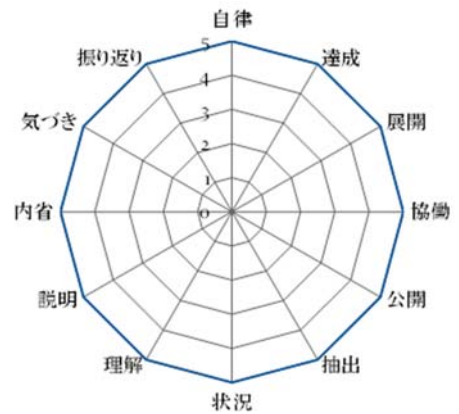


図2 コミュニケーション指数チャート

簡約化したCARSモデルを図3に示す。

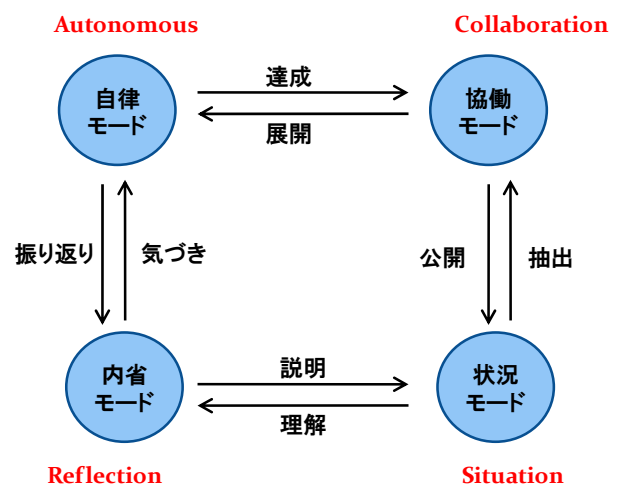


図3 簡約化されたCARSモデル

簡約版CARSモデル協働、自律、内省、状況間の遷移は次の8個になる。

- ①展開  
協働モードから自律モードへの遷移。組織目標を個人目標に展開するコミュニケーションである。
- ②公開  
協働モードから状況モードへの遷移。組織目標を個人に公開するコミュニケーションである。
- ③達成  
自律モードから協働モードへの遷移。個人目標によって組織目標を達成するコミュニケーションである。
- ④振り返り  
自律モードから内省モードへの遷移。個人目標を振り返るコミュニケーションである。
- ⑤気づき  
内省モードから自律モードへの遷移。個人的な考察から個人目標への気づきを生むコミュニケーションである。
- ⑥説明  
内省モードから状況モードへの遷移。個人的な考察を組織に説明するコミュニケーションである。
- ⑦抽出  
状況モードから協働モードへの遷移。個人と組織の状況から組織目標を抽出するコミュニケーションである。

⑧理解

状況モードから内省モードへの遷移。個人と組織の状況を個人が理解するコミュニケーションである。

コミュニケーション指数チャート (CIC, Communication Index Chart) を用いることにより、組織や個人のコミュニケーション状態を可視化できる。筆者らは、CICに基づいて、コミュニケーション状態を予測できるシミュレーションモデルを提案した[6]。このシミュレーション手法では、CICの各指標値から4つのモード間の遷移確率を算出することにより、初期状態から将来のコミュニケーション状態を予測できる。

2.2 システム思考を用いたソフトウェア開発プロジェクト管理手法

ソフトウェア開発におけるプロジェクト管理に対して多数のSD(System Dynamics)モデルが開発されてきた[7]。これらの研究では、計画、要員計画などの管理面と、設計、製造、レビュー、テストなどの生産活動面を統合している。

互いに関連するアジャイルプラクティスとして、顧客参画、変更管理、アジャイル計画制御、リファクタリングと設計品質をSDモデルでシミュレーションすることにより、アジャイル開発プロセスが分析されている[8]。

SDモデルを用いてインスペクションが開発サイクルを通して経費、計画、品質に及ぼす効果をシミュレーションする手法が提案されている[9]。またコードインスペクションプロセスに対して離散イベントモデルでシミュレーションする方法を提案している。活動計画、準備会議、準備、インスペクション会議、やり直し、フォローアップに対するSDモデルを評価している[10]。

要求の合意形成を支援するEasyWinWinプロセスをSDモデルでシミュレーションする方法が提案されている[11]。

ソフトウェア開発のリスク管理についてのシミュレーションモデルが研究されている[12]。またソフトウェア発展に対してSDモデルを適用する研究がある[13]。

要求工学プロセスにシステム思考を適用する研究には[14, 15, 17]がある。筆者らもシステム思考による要求状態管理モデル[4]を提案している。

プロジェクト管理に対するシステム思考の適用法についての調査研究として[16]がある。

プロジェクトの振舞いを進捗管理モデル、プロセスモデル、人的資源モデル、相互作用モデルに基づいてシステム思考により、リスク対策効果をシミュレーションする研究がある[18]。

3. コミュニケーションの発展モデル

以下では、簡約版CARSモデルにシステム思考を適用することにより、CARSコミュニケーションをシミュレーションする方法を提案する。

3.1 システム思考の構成要素

システム思考のモデルでは、ストック、フロー、パラメ

ータを用いて、システムのモデルを定義する。簡約版CARSモデルでは、モードをストック、モード間遷移をフロー、パラメータとして能力と寄与率を対応付ける。

協働モード、自律モード、内省モード、状況モードのコミュニケーション量がストックである。

協働モード、自律モード、内省モード、状況モードのコミュニケーション(ストック)をそれぞれ生成する協働対話、自律対話、内省対話、状況対話がフローである。

パラメータには、各フロー量に影響する寄与率と寄与率に影響する能力がある。寄与率では、同一モードへの寄与率と、他モードへの寄与率がある。同一モードへの寄与率には、協働率、自律率、内省率、状況率がある。他モードへの寄与率には、抽出率、達成率、展開率、気づき率、振返り率、理解率、公開率、説明率がある。

システム思考による簡易版CARSの構成要素を表1にまとめる。

表1 システム思考によるCARSの構成要素

要素	内容	
ストック	協働モード、自律モード、内省モード、状況モードのコミュニケーション量	
フロー	同一モードへの遷移	協働対話、自律対話、内省対話、状況対話
パラメータ	同一モードへの寄与率	協働率、自律率、内省率、状況率
	他モードへの寄与率	抽出率、達成率 展開率、気づき率 振返り率、理解率 公開率、説明率
	自モードへの寄与能力	協働力、自律力、内省力、状況力
	他モードへの寄与能力	抽出力、達成力 展開力、気づき力 振返り力、理解力 公開力、説明力

3.2 差分方程式

システム思考では、表1に示したように、寄与率と能力パラメータを変化させることで、ストックとしての4モードのコミュニケーション量がどのように変化するかを定量的に観察することができる。

このためには、時刻tのモード量を時刻t-dtのモード量と、フローおよびパラメータを用いて、差分方程式で定義する必要がある。

たとえば、システム思考のモデリング言語ithink[19, 20]を用いて、自律モードについて定義すると、以下のようになる。

$$\text{自律}(t) = \text{自律}(t-dt) + \text{自律対話} * dt$$

$$\text{INIT 自律} = (\text{自律コミュニケーション量の初期値})$$

INFLOWS: 自律対話 = 気づき率+展開率+自律率  
 自律率 = 自律 \* 自律力  
 気づき率 = 内省 \* 気づき力  
 展開率 = 協働 \* 展開力

ここで、INIT は初期値を定義するための式である。また、INFLOWS は、フローを定義する式である。自律率、気づき率、展開率は、自律、内省、協働についてのモード量に、自律力、気づき力、展開力を乗じた式で定義している。したがって、実際の変数は、自律力、気づき力、展開力などの能力パラメータである。これらの能力パラメータについては、数値やグラフで定義することができる。

上述した考え方で itthink を用いて作成した CARS モデルに対するシミュレーションモデルを付図 1 に示す。

#### 4. シミュレーションの具体例

以下では、付図 1 に示したシステム思考による CARS モデルを用いたシミュレーション例を説明する。

##### 4.1 記号の定義

まず、シミュレーションのための初期値とパラメータの記号を次のように定義する。

協働モード、自律モード、内省モード、状況モードのコミュニケーション量の初期値からなる 4 項組を CARSI とする。

協働力、自律力、内省力、状況力からなる 4 項組を CARSC とする。抽出力、達成力、展開力、気づき力からなる 4 項組を EADNC とする。振返り力、理解力、公開力、説明力からなる 4 項組を LUPIC とする。

##### 4.2 パラメータが定数の場合

CARSI=(0.1, 0.1, 0.1, 0.1), CARSC=(0.06,0.18,-0.08,0.2), EADNC=(0.09,0.3,0.0,0.0), LUPIC=(0.1,0.1,0.1,0.1) に対するシミュレーション結果を図 4 に示す。コミュニケーションモード量の初期値が 0.1 で同じ場合である。内省力が負であっても、時間経過に従って、コミュニケーションモード量が指数的に増加することが分かる。

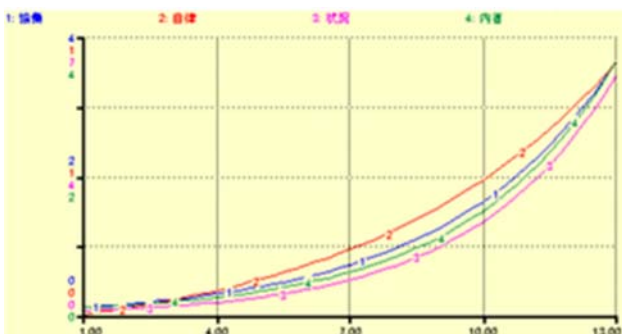


図 4 パラメータが定数の場合

CARSI=(0.1, 0.1, 0.1, 0.1), CARSC=(-0.1,-0.1,-0.1,-0.1), EADNC=(0.09,0.3,0.0,0.0), LUPIC=(0.1,0.1,0.1,0.1) に対するシミュレーション結果を図 5 に示す。コミュニケーションモード量の初期値が 0.1 で同じ場合で、CARSC がすべて負の場合、時間経過に従って、自律コミュニケーションモード量だけが減少している。この理由は、気づき力と展開力がともに 0.0 であることで自律モード量の増加分がないためである。気づき力を正の値にすると、自律モード量も増加していく。

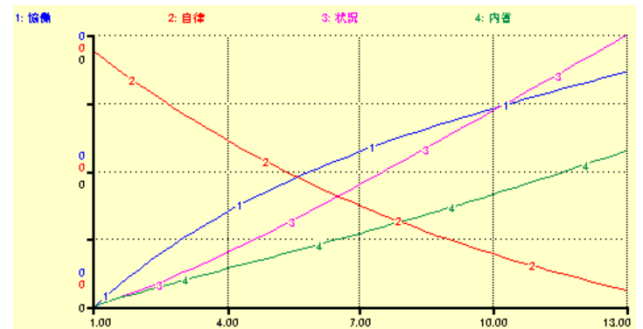


図 5 モード能力パラメータが負の場合

CARSI=(0.6, 0, 0, 0), CARSC=(0.06,0.18,-0.08,0.2), EADNC=(0.09,0.3,-0.54,-0.44), LUPIC=(0,0.66,0.05,0.09) に対するシミュレーション結果を図 6 に示す。

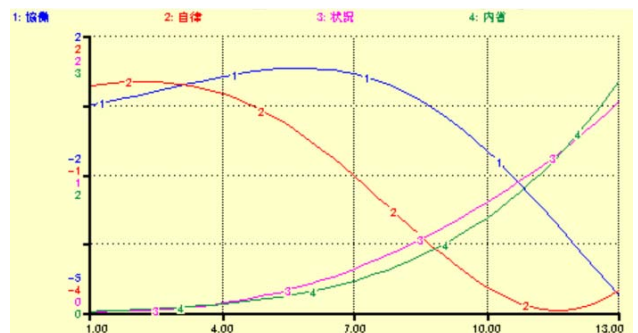


図 6 協働モード以外の初期値が 0 の場合

内省力、展開力、気づき力が負であるために、協働モードと自律モードが増加傾向から減少傾向に変化していくことが分かる。

##### 4.3 パラメータが経時変化する場合

CARSI=(0.6, 0.3, 0.4, 0.5), CARSC=(0.06, Ag, Rg, 0.2), EADNC=(0.09,0.3, Dg, Ng), LUPIC=(0,0.66,0.05,0.09) に対するシミュレーション結果を図 7 に示す。ここで、Ag, Rg, Dg, Ng は、自律力、展開力、気づき力、内省力の値がそれぞれ時間経過にしたがって変化するグラフで定義されていることを示す。たとえば、気づき力の値を経過時間で変化するグラフで定義するグラフを図 8 に示す。

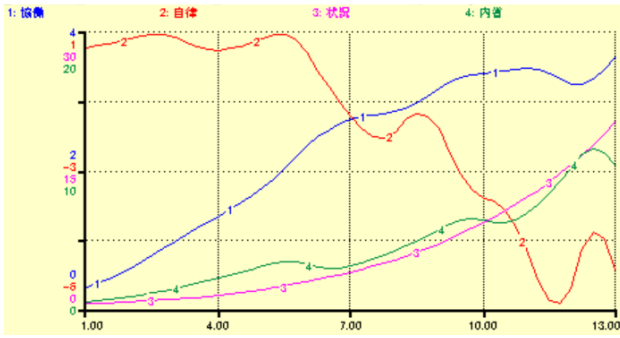


図7 自律力、展開力、気づき力、内省力の時間変動効果

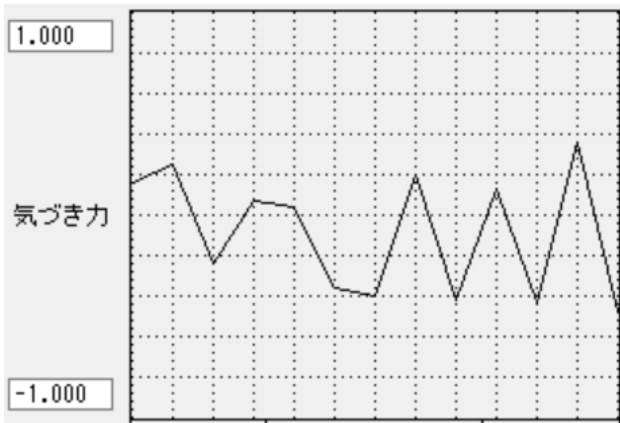


図8 気づき力の時間変化

## 5. 議論

### 5.1 有効性

協働、自律、内省、状況モードからなる CARS コミュニケーションプロセスをシミュレーションによって定式化したことから、相互に依存するコミュニケーション種別の観点から見たコミュニケーション量全体の挙動を可視化できるようになった。

また、特定時点のコミュニケーション状態だけでなく、時間経過にしたがってコミュニケーション量の挙動と、コミュニケーション能力との関係をシミュレーションによって確認できるようになった。

協働力、自律力、内省力、状況力、抽出力、達成力、展開力、気づき力、振返り力、理解力、公開力、説明力という 12 能力を定義することにより、プロジェクトコミュニケーションをシミュレーションできるようになった。これらの値を自由に設定できるので、プロジェクトの現状に応じて、コミュニケーションの多様な振舞いを予測できる。したがって、どのようにコミュニケーション能力を改善すれば、プロジェクトにおけるあるべき姿コミュニケーションの状態を実現できるかを判断できるようになった。

### 5.2 十分性

本稿で提案したシステム思考によるコミュニケーションモデルでは、CARS モデルと対応するモデルになってい

る。しかし、組織と個人のコミュニケーションを区別していない。したがって、個人ごとのシステム思考による CARS モデルを相互に連携できるように拡張する必要がある。

また、12 能力に対する値の扱いについて、本稿では、-1 から 1 の範囲で設定した。負の能力を指定することで、コミュニケーション量の増減を可視化できるようになった。「負の能力」とは現実世界で、どのような意味を持つのかについて十分な考察が必要である。直感的には、対話を促進する気分のとときと、対話したくない気分があると思われるので、意味づけできる可能性があると考えている。

### 5.3 限界

十分性の議論で述べた能力値の意味づけの問題に加えて、以下のような限界がある。

提案方法は、実際のプロジェクトコミュニケーションにおける定量的なデータがないため、定性的な評価しかできていない。

## 6. まとめと今後の課題

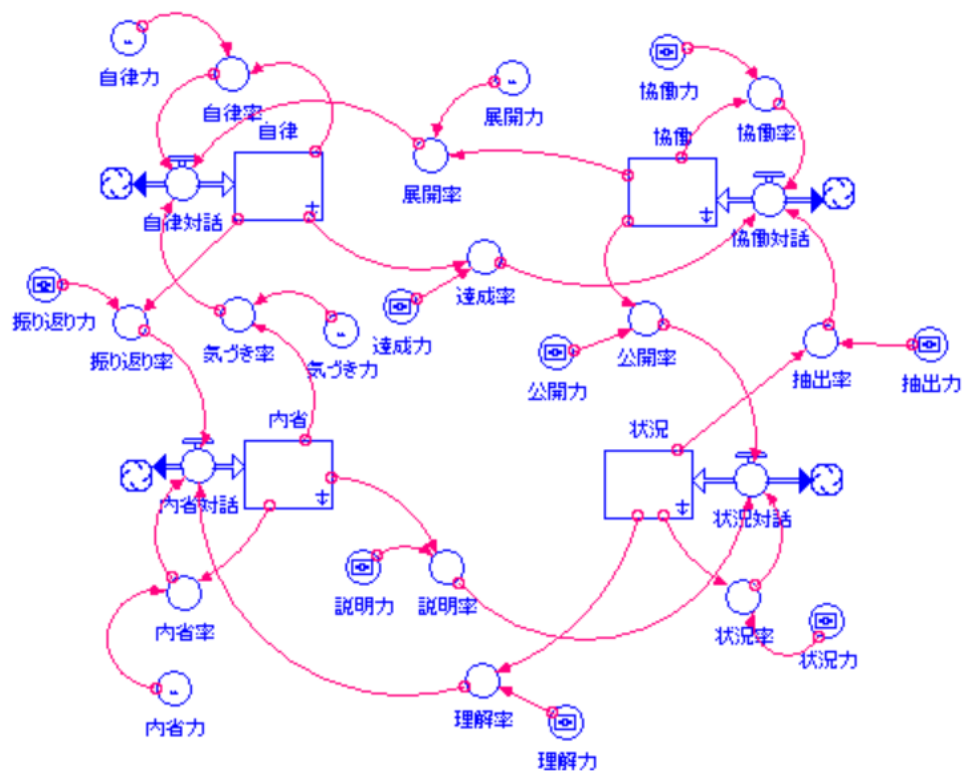
本稿では CARS コミュニケーションプロセスをシステム思考でモデル化することにより、コミュニケーション量の効果を定量的に評価した事例を紹介した。今後、提案したコミュニケーションモード評価手法の適用評価実験を予定している。この実験により、コミュニケーションモデルの妥当性を定量的に確認することが今後の課題である。

また、本稿では、組織コミュニケーションと個人コミュニケーションを区別していない。このためこれらのコミュニケーションにおける差異と相互作用に対するシステム思考を用いたシミュレーション評価も重要な今後の課題である。

## 参考文献

- [1] 山本修一郎, CMC で変わる組織コミュニケーション, NTT 出版, 2010
- [2] 山本修一郎, CMC が拓く知識流通ネットワーク, 人工知能学会誌 25 巻5 号, pp.715-725, 2010
- [3] 山本修一郎, 山本佳和, ソフトウェア開発プロジェクトにおけるコミュニケーションの類型化による可視化, 人工知能学会, 知識流通ネットワーク研究会, SIG-KSN-008-03, 2011
- [4] 山本修一郎, “システムダイナミクスによる IT サービスプロセスの評価.” 電子情報通信学会技術研究報告. KBSE, 知能ソフトウェア工学, vol.112, no.64, pp1-6, 2012.
- [5] 山本佳和, 舟守 淳, 山本修一郎, プロジェクトコミュニケーション管理 プロセスの適用評価, SEC journal 9(1), 12-18, 2013-03
- [6] 舟守 淳, 山本佳和, 山本修一郎, 組織コミュニケーション状態のシミュレーション手法, 人工知能学会, 知識流通ネットワーク研究会, 第 11 回知識流通ネットワーク研究会 SIG-KSN-011-

- 02, 2012
- [7] Abdel-Hamid, T. K. and Madnik, S. E., Software Project Dynamics: An Integrated Approach. Prentice Hall Inc., 1990.
  - [8] Lan Cao, Balasubramaniam Ramesh, Tarek Abdel-Hamid, Modeling dynamics in agile software development, ACM Transactions on Management Information Systems (2010) Volume: 1, Issue: 1, Publisher: ACM, pp. 1-5:26
  - [9] Madachy R.J. System Dynamics Modeling of an Inspection-Based Process. Proc. ICSE 18, IEEE, pp. 376-386, 1996
  - [10] Ulrike Becker-Kornstaedt and Holger Neu, Learning and Understanding a Software Process through simulation of its Underlying Model, Advances in Learning Software Organizations, Lecture Notes in Computer Science, Volume 2640/2003, pp. 81-93, 2003.
  - [11] Stallinger, F. and Grünbacher, P., System dynamics modeling and simulation of collaborative requirements engineering. Journal of Systems and Software, Volume 59, Number 3, pp. 311-321(11), 2001.
  - [12] Dapeng Liu, Qing Wang, Junchao Xiao, The Role of Software Process Simulation Modeling in Software Risk Management: a Systematic Review, pp. 302-311, ESEM '09: Proceedings of the 2009 3rd International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement
  - [13] Lehman M. and Wernick P., System Dynamics Models of Software Evolution Processes, Proc. Int. Workshp. on the Principles of Software Evolution, ICSE'98, Kyoto, Japan, April 20-21, 1998
  - [14] Williams, D., Towards A System Dynamics Theory of Requirements Engineering Process, 2001, [http://www.systemdynamics.org/conferences/2001/papers/Williams\\_1.pdf](http://www.systemdynamics.org/conferences/2001/papers/Williams_1.pdf)
  - [15] Andersson, C., Karlsson, L., Nedstam, J., Host, M., and Nilsson, B., Understanding Software Processes through System Dynamics Simulation: A Case Study, ECBS'02, 2002
  - [16] Lyneis, J. and Ford, D., System dynamics applied to project management: a survey, assessment, and directions for future research, System Dynamics Review Vol.23, No. 2/3 Summer/ Fall, pp.157-189, 2007.
  - [17] White, A., A Review of the Impact of Requirements on Software Project Development Using a Control Theoretic Model, J. Software Engineering & Applications, 3, pp.852-857, 2010.
  - [18] Oshima, A., and Okada, K., Estimation of Risk Countermeasure Effects Based upon Project-Behavior Simulation System, EAIS 2017, 2017.
  - [19] 土金達男、シミュレーションによるシステムダイナミクス入門、東京電機大学出版局、2005
  - [20] Barry Richmond, バーシティウェブ訳、システム思考入門 II, カットシステム, 2004



付図1 コミュニケーションの発展モデル