

チームの協働状態を測る：Team Contribution Ratio ～手間のかかる質問紙からの脱却～

増田 礼子

フェリカネットワークス

Ayako.Masuda@FeliCaNetworks.co.jp

松尾谷 徹

デバッグ工学研究所

matsuodani@debugeng.com

森本 千佳子

東京工業大学

morimoto@cs.titech.ac.jp

津田 和彦

筑波大学大学院

tsuda@gssm.tsuka.tsukuba.ac.jp

要旨

本論文では、ソフトウェア開発チームの特性を、容易に計量するための指標を構築することを目的とする。ソフトウェア開発に影響を与えるチーム特性には、リーダーシップやコミュニケーションなど、さまざまな要因が考えられる。チーム特性の計量には、心理尺度を応用した質問紙を用いた方法が使われている。質問紙による計量は、大量の調査データを統計処理する必要がある。そのため、質問紙を用いた計量は、実務現場においては敷居が高く、個々のチーム特性の把握を容易に行うことができないという課題がある。

本稿では、チーム特性の要素のひとつである協働を対象とし、構築した指標であるチーム貢献係数 (*Team Contribution Ratio*) を用いた計量を実施し、その内容を報告する。チーム貢献係数は、経済学において所得の均等度合いを表すローレンツ曲線と *Gini* 係数を応用した指標である。協働の分析対象は、チームメンバーそれぞれが持つ技術、知識、経験を開示し、共有するための知識ベース構築活動とした。具体的には、協働の道具として用いたグループウェアの投稿数と投稿者数を基にした計量である。

1. はじめに

ソフトウェア工学において、ソフトウェア生産性に開発チームの状態が影響を与えていることを示したのは、

Bohem のコストモデル (COCOMO) に関する一連の研究である。コストモデルの研究は、ソフトウェア規模とコストの関係を生産性と定義し、その変動要因を生産性因子として計量化を行い、大規模な調査を行った。「Software Engineering Economics」にまとめられたこの研究の結果は、多くの生産性因子の中で最大の影響因子が「チームの能力」であることを示した [1, 2]。この研究では「チームの能力」を計量するため、複数の管理者がスコアリングを行い、決定している。

この研究を追証し、実用化を試みた国内通信メーカーにおける大規模な調査と分析では、「チームの能力」を3つの因子に分解し、計量にバイアスがかからない工夫を行った。その結果、同様に「チームの能力」が影響していることが確認されている [3, 4]。

ソフトウェア分野において、生産性が「技法やツール」、「プロセス」に依存することはよく知られており、さまざまな研究と実用化が行なわれている。しかし、「チームの能力」に関する研究や実用化は、他の分野と比較すると遅れている。他の分野、たとえば製造業では「チームの能力」を「現場力」と呼び、国際競争力の根源と位置付けられている。ソフトウェア分野におけるチームの計量化については、従業員満足の考え方を日本のソフトウェアチーム特性に合わせて拡張し、大規模な計量を行ったパートナー満足調査がある [5, 6, 7]。また、この研究結果を応用し、プロジェクトの成功失敗を判別する研究 [8] やチーム・パフォーマンスの比較研究 [9] が行われている。

これまでの研究における計量手段は、心理尺度における構成概念に基づいて設計された質問紙を用いる方法が一般的である [10, 11]. しかしながら、質問紙の設計には、心理学における高度な技術が必要となり、現場での実用は困難であるという課題が指摘されている。

本論文の研究目的は、質問紙調査より容易、かつ客観的に計量するための指標を構築することである。ソフトウェア開発における協働は、単純な作業の分担ではなく、知的な活動である。定められた期間の中で、設計、実装、テストへと開発を進めていく過程では、メンバーそれぞれが持つ技術、知識、経験の伝達や共有が重要となる局面は多い。そこで、チーム特性のひとつである協働に注目した。計量を容易にすることが目的であるため、観測しやすく、定量的な成果物を分析対象とする必要がある。協働状態が促進すると、チームでの情報共有が活発になり、知識の相互提供が増加すると考えた。このことから、チームによる知識ベース構築活動の成果物を基に、事例分析を行った。具体的には、知識共有を目的としたグループウェアの投稿数の経年変化の比較分析である。

比較研究を容易にする方法として、経済学において、国や地域における所得格差を分析するローレンツ曲線と Gini 係数が良く知られている [12, 13]. ローレンツ曲線と Gini 係数は応用範囲が広く、さまざまな格差の研究に応用されている。本稿では、チームの協働状態を計量する指標として、ローレンツ曲線と Gini 係数に着目し、値が大きいと良い指標値となるよう調整を行い、Gini 係数と区別するためチーム貢献係数と名付けた。

チーム特性については、仲間意識や規範意識など、いくつかの主成分が知られており [8, 9], これらの要素を比較するために、どのような成果物を用いて、どのように比較するのが課題となっている。ここでは、チーム特性のひとつの要素であるチームの協働状態について、実際に計量を行い貢献係数を示し、その値の変化や差について考察を行う。また、今後の応用方法や効果について検討する。

2 章では、貢献係数とその計算方法、対象と母集団について定義する。3 章では、事例に対し、提案する方法で行ったチームの協働状態の計量結果を示す。4 章では、貢献係数について検討し、今後の計量の提案を行う。

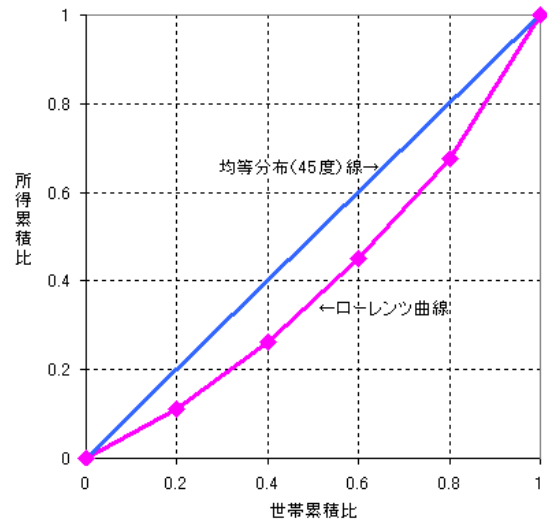


図 1. 世帯所得のローレンツ曲線の例

表 1. 世帯数累積比と所得累積比

世帯構成比	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
所得構成比	0	0.111	0.264	0.45	0.677	1

2. チーム貢献係数の対象と計量方法

チーム特性の計量における課題は、「何を対象に」、「どのような計量を行えば」、「何がわかるのか」に分解できる。この章では、チーム貢献係数についてこの視点からまとめる。

2.1. 所得の均等度合いを表すローレンツ曲線

先に示したように、経済学では、国家や地域における所得の均等度合いを表す手法としてローレンツ曲線 (Lorenz curve) と Gini 係数 (Gini inequality index, Gini ratio) がよく知られている [14]. ローレンツ曲線の例を図 1. に示す。

図 1. の縦軸は所得の累積比率で、横軸は世帯累計比率である。用いたデータは、表 1. 世帯数累積比と所得累積比に示した値である。均等分布 (45 度) 線は、所得が均等に分布した場合を表している。

Gini 係数は、ローレンツ曲線と均等分布線によって囲まれる領域の面積を、均等分布線より下の領域の面積で除算した値である。均等分布線より下の領域は、三角形となるため、その面積は $1/2$ となる。よって、Gini 係数はローレンツ曲線と均等分布線によって囲まれる領域の

面積を2倍したものになる。Gini 係数は、完全に均等分布の場合の値は0となり、不均等になるにつれて値が大きくなる指標である。この値を用いて、所得格差を量ることができる。

2.2. コミュニティの計量

北山は、組織内コミュニティの計量分析に、メールグリスの発信数をコミュニケーション量として、ローレンツ曲線と Gini 係数を用いて分析を行った [15]。また、コミュニティの人数と Gini 係数の相関を調べている。

ネットワーク上のデータの分析に Gini 係数 (Gini index と呼んでいる) を用いた研究もある [16]。この研究では、Web の閲覧行動における特定のサイトに集中する程度を Gini 係数で表現し、比較している。

このように、ローレンツ曲線と Gini 係数は、本来の目的である所得の均等度合いを表す以外にも活用されている。この研究の事例の通り、Gini 係数は所得均等性の評価指標として提案された係数であるが、均等性を評価するさまざまな事項へ応用が可能である。

2.3. チーム貢献係数 (Team Contribution Ratio)

本論文の課題は、チーム特性を計量し、比較研究を行うことである。この手段として Gini 係数を用いるが、本来の使い方とは異なるので再定義を行う。

「何を対象にするのか」については、チームの活動を対象とする。チームとは、組織行動論の定義によれば、同じ目的を共有する集団である [17]。ソフトウェア開発におけるプロジェクトも、規模に係わらずチームと見なすことができる。

「どのような計量を行うのか」については、本来の Gini 係数が世帯における収入を対象としたのに対して、本研究での提案は、チームの協働活動の成果物を対象とする。どのような成果物を対象にすれば、グループの状態の何を表すと言えるのかについては、さらなる研究が必要である。計量化としては、対象を構成要素に分け、累積比を求めることができれば良い。成果物の構成要素は、必ずしもチームのメンバとは限らない。たとえば、開発チームの成果物として文書類を対象とし、その種類として仕様、テスト関連、インタフェースなど種類に分けて計量することもある。この時の貢献係数も、チームのある種の特徴を表すと考えられる。

Gini 係数との違いとして、貢献係数は値が大きい方が、広く貢献していることを表す。そのため、図1のローレンツ曲線と均等分布線との間の面積ではなく、ローレンツ曲線下の領域の面積を用いる。具体的には「貢献係数 = 1 - Gini 係数」と定義できる。

2.4. 個人のロールとチーム貢献

チームの何を対象に計量するのかについては、注意が必要である。たとえば、営業を行うチームにおいて、営業担当者の個々の売上を対象にローレンツ曲線と貢献係数を求めたとする。研究者は、営業チームとして協働状態を計量するのが目的であったとしても、営業チームのメンバである各営業担当者は、売上競争をおおるノルマ管理と受け取る可能性がある。

人を対象とする計量は、思わぬ副作用を伴うので注意が必要である。容易に計量できるようになることで、本来の目的とは異なる目的や解釈で利用されてしまう危険性が伴う。この点については、計量方法の提案と共に、利用用途や活用方法についても慎重に議論をし、注意を促していかなければならない。

3. 貢献係数の計量事例

ここでは、ある事例チーム (チーム X) に対し、チーム貢献係数を用いて計量し、特徴を抽出できるかについて検討する。具体的には、グループウェアへの投稿数からチームの協働状態の計量を試みた。

ソフトウェア開発を行っているチーム X は、プロジェクトマネジャーを中心に、いくつかのサブチームに分かれて開発を進めていた。開発フェーズに合わせてサブチームの構成は臨機応変に組み替えが行われていたこと、開発を進めていくにあたってサブチーム間でのさまざまな情報共有が必要であったことから、チーム全体として、技術、知識、経験の蓄積と共有を求める声が高まった。そして、知識ベース構築に向け、グループウェアの運用が開始された。分析対象のグループウェアは、メンバによる自主的な運用が行われており、かつ、技術的な内容を取り扱っているものである。グループウェアにおける計量は、投稿者数と投稿数を対象とした。

投稿の形態が異なる2つのグループウェアを計量対象とし、Wiki [18] ベースのものを A、Moodle [19] ベースのものを B と呼称する。A の特徴は、投稿1件がひと

つの情報であり、Wiki のコメント機能を用いて運用されていた。B の特徴は、Moodle のフォーラム機能を用いており、基本的には質問が投稿され、それに対する回答が投稿される形で運用されていた。どちらも分量に関わらず 1 投稿を 1 件として計量した。ただし、B においては、必ずしも質問・回答形式となっているわけではなく、情報提供としての投稿のみのものもあれば、自分で質問して自分で回答するという自己レス形式での投稿もあった。しかし、いずれも 1 項目に複数の情報は混ざっていない。また、質問と回答の種別による重み付けは実施していない。グループウェアの投稿時には、投稿者の名前が表示されるため、導入当初は特に初歩的な質問の投稿を躊躇するメンバが多かった。B の活用状況の調査を目的とした無記名のアンケート調査では、「こんなことを質問して良いのか」、「自分は知らなかったが、みんなは既に知っている情報ではないか」、「そんなことも知らなかったのかと思われるのではないか」等の声が寄せられた。しかし、投稿を躊躇するメンバであっても、情報の共有と蓄積の重要性は認識しており、「今後のために情報を蓄積していこう」、「誰かの役に立つからどのような情報でも書き込もう」という働きかけと共に、投稿者が増えてきた。メンバが感じる投稿への心理的ハードルは、質問・回答のいずれであっても同じであった。これが、重み付けを行わない理由である。

3.1 節と 3.2 節において、チーム X における 2012 年と 2014 年のグループウェアへの投稿数を基にした計量結果を示す。3.3 節では、計量結果を基に、2012 年から 2014 年への時系列変化について考察する。

3.1. グループウェア投稿を基にしたチーム貢献係数 (GW2012)

本節で対象としたグループウェア (GW2012) は、主に仕様変更による影響分析に関する情報を共有するために 2012 年に運用していたものである。運用には、Wiki を用い、半年間に渡り、チームメンバへ情報提供を呼びかけていた。

計量対象期間は 6 ヶ月、対象期間のチームメンバは、42 名であった。この期間の投稿者数は 11 名であり、その投稿数と投稿者数を表 2. に示す。

実際には、表 2. の数値に、未投稿者の 31 人分を投稿数 0 として追加し、母数をチームメンバ数と同数にするようにしている。このデータを用い、ローレンツ曲

表 2. GW2012 の投稿数

投稿者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
投稿件数	33	37	26	7	4	3	3	2	1	1	1

線と Gini 係数を、統計パッケージ R を用いて求めた。GW2012 における投稿状況のローレンツ曲線を図 2. に示す。

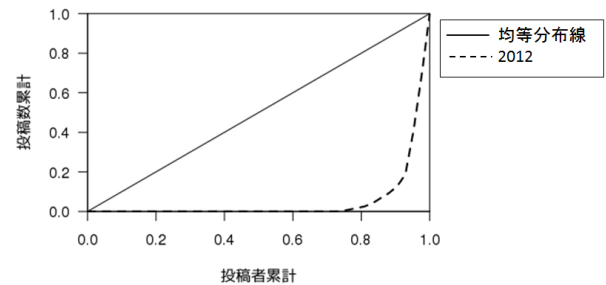


図 2. GW2012 のローレンツ曲線

この時期の投稿者は、全体の約 25%であり、チーム貢献係数は、0.10 であった。

3.2. グループウェア投稿を基にしたチーム貢献係数 (GW2014)

本節で対象としたグループウェア (GW2014) は、仕様変更の影響に限らず、テストや保守なども含めた業務全般の双方向の情報共有へと拡張するため、2014 年から運用を開始した。運用には、利用者インタフェースに優れた Moodle を用いている。

計量対象期間は、16 ヶ月、対象期間のチームメンバは、24 名であった。この期間の投稿数と投稿者数を表 3. に示す。

表 3. GW2014 の投稿数

投稿者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
投稿件数	33	26	21	16	15	9	7	6	5	4
投稿者続き	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
投稿件数	4	4	3	3	3	2	2	2	1	1

3.1 節の GW2012 の場合と同様に、表 3. の数値に、未投稿者の 4 人分を投稿数 0 として追加し、母数をチームメンバ数と同数にするようにしている。表 3. のデータを用い、GW2012 と同様にローレンツ曲線と Gini 係数を求めた。GW2014 における投稿状況のローレンツ曲線を図 3. に示す。

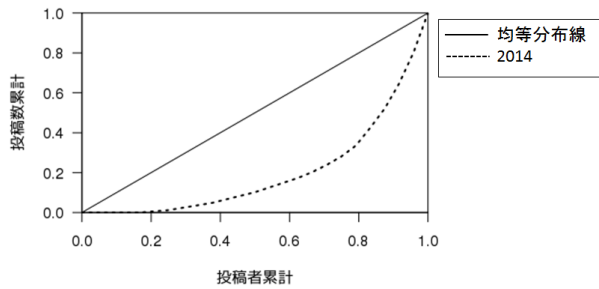


図 3. GW2014 のローレンツ曲線

この時期の投稿者は、全体の約 80% を占めるに至っており、チーム貢献係数は、0.40 であった。

3.3. 時系列変化の考察

GW2012 と GW2014 のローレンツ曲線とチーム貢献係数の比較を図 4. と表 4. に示す。

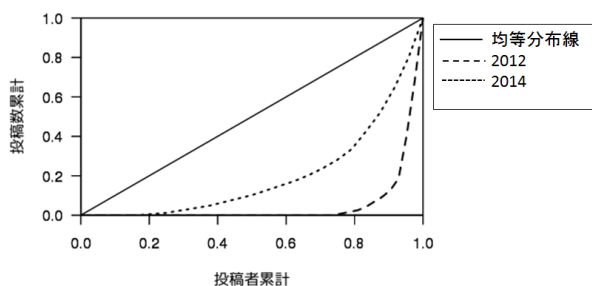


図 4. GW2012 と GW2014 のローレンツ曲線の比較

表 4. GW2012 と GW2014 の貢献係数比較

GW2012 の貢献係数	0.1
GW2014 の貢献係数	0.4

図 4. と表 4. は、GW2012 と GW2014 の対象期間におけるチーム X のグループウェアへの投稿数という観点から、チーム貢献係数を用いてチームの協働状態を表したものであり、両者の差は明らかである。チーム貢献係数が GW2012 から GW2014 での増加が何に起因しているのか、その原因の分析が、現在の課題となっている。しかし、今回調査した 2012 年と 2014 年のチーム X のグループウェアへの投稿数から見ると、チームの協働状

態に何らかの変化があり、その変化を捉えることができていると考える。

4. 計量方法の比較

ここでは、質問紙によるチームの調査と、チーム貢献係数による計量について比較検討する。

4.1. 質問紙のコストと信頼性

一般的な質問紙による調査とは、社会調査の手法であり、同じ質問を複数の人に対して行うことにより意見を明確化する。チームに対する質問紙調査は、心理学における質問紙法と呼ばれるもので、社会調査のアンケートとは異なる。質問紙法は、人の心理的要素を「構成概念」と呼び、直接観測が困難な概念として取り扱う [10, 11]。たとえば、チーム研究で使われている「仲間意識」や「規範意識」と呼ぶものは、構成概念の一種である。

計量は、構成概念の要素を考え、間接的に観察できる質問項目に展開して行う。「仲間意識」であれば、「同じ仲間ともう一度仕事をしたいと思いますか」などの複数の質問項目から構成される。質問項目は、構成概念の下位尺度と呼ばれている。

質問紙法の品質は、2つの特性で評価されている。一つは、「安定して測ることができるのか」、つまり、再現性があるか否かである。質問紙法では、この再現性のことを信頼性と呼んでいる。

もう一つは、「測りたいものを測ることができているのか」であり、質問紙法では妥当性と呼んでいる。測りたいものは、直接見ることができない構成概念であり、妥当性の検証は、統計的な手法を用いることになる。

質問紙法を使った計量手順を図 5. に示す。

質問紙法は、簡単に作成することはできない。チーム特性の計測のための構成概念の開発は、2000 年から始め、今日に至っている。現在までに 5,000 件を超える調査と分析、改善によってメンテナンスされている。

4.2. チーム貢献係数のコストと信頼性

チーム貢献係数の品質について検討する。質問紙法と同様に考えるなら、「信頼性」と「妥当性」である。「信頼性」、すなわち再現性については、質問紙法とは比較にならないほど確実である。これは、物理的に計量できる成果物を対象としているからである。

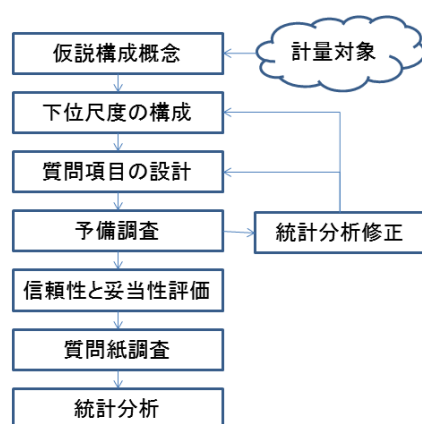


図 5. 質問紙の設計手順の例

「妥当性」、すなわち測りたいものを測ることができるのかについては、検討が必要である。3章の事例で用いた、協働活動の結果であるグループウェアへの貢献度は、投稿数そのものを測りたいのではなく、チームにおける知的な援助行動を表すと考え、その代用特性として計量している。「妥当性」は、項目を詳細化して分解すれば達成できるが、問題は統合的な構成概念として計量できているのかについて評価する必要があるということである。チーム貢献係数による計量は、始まったばかりであり、まだ体系化が不足している。質問紙の質問項目と対応させてチーム貢献係数を論じれば、コスト的にも信頼性としても優れていることは確かである。しかし、構成概念レベルでの計量となると、まだ未完成であり、今後の研究と発展を待つ必要がある。

5. おわりに

本論文では、チーム特性の計量に関し、従来の質問紙法に代わる容易な計量方法について示した。その第一段階として、チーム特性のひとつの要素である協働について、経済学で用いられているローレンツ曲線と Gini 係数を応用したチーム貢献係数による計量方法を提案した。チーム貢献係数を用いて実際に計量を行い、その信頼性とコストについては良い結果を得ることができた。

調査の妥当性については、まだ検証過程であり、本稿の事例における計量結果の検証が次の課題である。現状では、まだ、調査項目単独のレベルであり、今後、構成概念の構造に当たる検討が必要である。

引き続き、「何を対象に」、「どのような計量を行えば」、

「何がわかるのか」について、さまざまな成果物や事例に対して試行していきながら、検証を進めていく。そして、構成概念としての計量ができているのかを評価していく必要がある。今後解決しなければならない課題はあるが、チームの協働状態を容易に計量する方法として有用であると考えられる。

謝辞

本研究の実施にあたり、野村マネジメント・スクールの助成金のサポートを受けました。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- [1] B.W. Boehm, Software Engineering Economics, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1981.
- [2] B.W. Boehm, "Software engineering economics", Software Engineering, IEEE Transactions on, vol.SE-10, no.1, pp.4-21, Jan. 1984.
- [3] 寺本雅則, 松尾谷徹, 上村松男, "ソフトウェア開発過程を定量的に解析して生産性と品質を向上させるソフトウェアメトリクス", 日経エレクトロニクス 6 月 4 日号, 日経エレクトロニクス, 1984.
- [4] 松尾谷徹, "開発コストのメトリクスの現状と課題", 昭和 63 年電気・情報関連学会連合大会予稿集, sep 1988.
- [5] 松尾谷徹, "パートナー満足によるソフトウェア生産性の向上", 第 20 回ソフトウェア生産における品質管理シンポジウム, 日本科学技術連盟, Nov. 2001.
- [6] 松尾谷徹, "パートナー満足と人的リソースのパフォーマンス", プロジェクトマネジメント学会誌, vol.4, no.1, pp.3-8, 2002.
- [7] 榎田由紀子, 松尾谷徹, "Happiness & active チームを構築する実践的アプローチ: チームビルディングスキルの開発", プロジェクトマネジメント学会誌, vol.7, no.1, pp.15-20, Feb. 2005.
- [8] 松尾谷徹, "It に現場力は存在するのか: その計測と評価の試み", ソフトウェア・シンポジウム 2014in 秋田 SEA: ソフトウェア技術者協会, 2014.
- [9] 増田礼子, 森本千佳子, 松尾谷徹, 津田和彦, "チームビルディングのメトリクス: ~ 10 年間の活動成果を測る ~", ソフトウェア・シンポジウム 2015in 和歌山 SEA: ソフトウェア技術者協会, 2015.
- [10] 小塩真司, 西口利文, "質問紙調査の手順, 47-53", 2009.
- [11] 山本真理子, "心理測定尺度集", 東京都, 株式会社サイエンス社, 2001.
- [12] 橘木俊詔, 日本の経済格差: 所得と資産から考える, 第 590 巻, 岩波書店, 1998.
- [13] 豊田敬, "不平等解析: ジニ係数と変動係数", 経営志林, vol.41, no.4, pp.131-135, 2005.

- [14] 中村和之, “経済指標の見方・使い方”,
<http://www.pref.toyama.jp/sections/1015/ecm/back/2005apr/shihyo/>.
- [15] 北山聡, “組織内コミュニティの計量: ジニ係数とべき分布の視点から”, 東京経済大学コミュニケーション学会, コミュニケーション科学 029 号, pp.3-16, 2009.
- [16] R.M. Dewan, M.L. Freimer, A. Seidmann, and J. Zhang, “Web portals: Evidence and analysis of media concentration”, Journal of Management Information Systems, vol.21, no.2, pp.181-199, 2004.
- [17] 上田泰, 組織行動研究の展開, 白桃書房, 2003.
- [18] wikipedia.org, “Wiki”,
<https://ja.wikipedia.org/wiki/ウィキ>.
- [19] 日本ムードル協会, “Moodle”,
<http://moodlejapan.org/home/>.