

コンピテンシーベースドラーニングの学習経済への導入

堀真寿美^{†1} 小野成志^{†1} 宮下健輔^{†2} 坂下秀^{†3} 喜多敏博^{†4}

概要:

学習経済は、人々の「学び」を市場で取り引きし、報酬を得る教育の仕組みである。社会環境が急速に変化する現代において、フォーマルな教育で獲得する知識は限られており、人々が苦勞して学校で手に入れた知識も、時間と共にその価値を失ってしまう。このため、現代では、人々が生涯にわたり獲得できる仕組みが求められている。我々は、そのためのインフォーマルな教育の仕組みとして学習経済を提案してきている。しかし学習経済には、学びの質保証を行う仕組みが弱いという点で課題がある。本稿では、学習経済へのコンピテンシーモデルを導入することで学びの質が保証されることを提案するため、現存するコンピテンシーモデルの一つを解析し、コンピテンシーモデルを学習経済にどのようにして導入すべきかの検証を行った。

キーワード: ブロックチェーン, コンピテンシーベースドラーニング, オープンエデュケーション, 学習経済

Verification of Introducing Competency-based Learning to Learning Economy

MASUMI HORI^{†1} SEISHI ONO^{†1} KENSUKE MIYASHITA^{†2}
SHIU SAKASHITA^{†3} TOSHIHIRO KITA^{†4}

Abstract:

The knowledge that people have acquired through formal education is limited in the present rapidly changing social environment. The knowledge also loses its value quickly in modern society so that there is a demand for a new educational mechanism that people can acquire throughout their lives for updating their knowledge regularly.

We have proposed a learning economy as an informal educational mechanism which enables people to trade and learn from the market. This mechanism is appropriate for incorporating the advantages of market principles and motivating people to learn; however, it has a challenge in terms of quality assurance of learning when the majority of people comprehensively values wrong information.

This paper proposes the new educational system that learners trade their learning outcomes based on market principles as well as competency-based learning in the learning economy. Learners' competencies provide the quality assurance of learning while a wide variety of learning outcome which corresponds their knowledge and skills are produced in the learning economy. More importantly, the competencies in the learning economy are updated continuously by learners' trade of their learning logs and are automatically rebuild according to their social needs. As the first step to realize such a mechanism, we look into the feasibility of introducing existing competency models to the learning economy.

Keywords: Blockchain, e-book, open education, learning economy

1. はじめに

今日のフォーマルな学校教育は、人々に対して、人生の限られた期間に、効率的に既知の真理を伝達するという機能を持つ点で優れている。このため、今日の学校の仕組みは、産業革命以来の社会の近代化を支えてきた。しかし同時に、学校教育はその仕組みの制約上、不断に変化を続ける知識を継続的に伝達することが不得手であり、社会の急速な変化に追従し、人々が求めている多様な要求に応える機能を持つことができていない。フォーマルな学校教育で獲得する知識は今や限られたものとみなされるようになってきており、なおかつ、人々は、学校で苦勞して手に入れた知識さえも、急速な社会変化の中で、しばしばその価値を失ってしまうことを経験することになる。すべての人々に良質な教育の機会を均等に提供し、生涯に渡る学びを提供するためには、現代におけるこのような学校教育の限界は大きな課題である。

我々は、フォーマルな学校教育の限界を乗り越えるために、従来の学校での教育とは全く異なる「学習経済」というインフォーマルな教育の仕組みを提案している[1]。学習経済は、人々の日常的な営みから生まれた「学び」を学習者同士が取り引きする仕組みである。表1に従来のフォーマルな学校教育と我々の学習経済の特徴の比較を示す。

表1: 従来の学校教育と学習経済の比較

	学校教育	学習経済
制度	フォーマル	インフォーマル
場所	学校	日常生活
期間	生涯の一定期間	生涯
手段	教師からの知識伝達	日常生活の中で学ぶ
学習者の役割	知識の受取手	知識の創造者
内容	普遍的な真理	多様に変転する知識
様態	一律・効率的	多様・柔軟
学びの対価	教えに対する報酬	学びに対する報酬

従来の学校教育において、学習者は、受動的に教師から知識を伝達されていたが、これに対し、学習経済では、学習者は、学びに市場原理をとり入れることにより、能動的に知識を獲得し、創造して行くようになる。すなわち、学習経済では、学びに対する競争が生まれ報酬が生まれ、学習者は、日常生活で生まれた多様な「学び」を互いに取引することを通じて、多くの知識を入手し、古い知識は常に新しい知識に更新するという学習活動を生涯に渡って行うようになる。

学習経済の効果は、それだけでは留まらない。市場原理は、学びの質を評価し質保証を実現する原理を持っている。市場経済原理により、学習経済では、質の低い情報は、競争によって淘汰され、人々が高く評価する情報が、広く学びの対象となる。

ただし、競争による学びの価値の評価という仕組みによって、市場が妥当な結果を得るためには、長い時間が必要となる場合がある。学習の場合、そこからさらに、既に学習した多くの人々の知識を訂正しなければならないため、さらに多くの時間を必要とする。例えば、誤った知識が学習経済に投入され、最初に一定の評価を得てしまった後、それが市場原理の中で訂正され、人々がそれを再学習する場合は該当する。実時間内で学習経済における質保証のためには、さらなる工夫が必要となる。

我々は、これまで学習経済において、学びの成果をブロックチェーンに記録し、それを仮想通貨で取引する実験を行ってきた[2]。この過程では、競争原理に基づく質保証の機能の有効性も確認することができたが、それだけでは、誤りを訂正できない機会も多く経験することとなった。

本稿では、学習経済において、実時間内に、学びの質を保証できる仕組みとして、新たにコンピテンシーモデルの概念を導入する。コンピテンシーモデルとは、特定の職務に必要な知識、スキル、行動などを体系化しモデル化したものである。

本稿では、学習経済にコンピテンシーモデルを実装するための最初のステップとして、学習経済においてコンピテンシーモデルが果たす役割について事前に評価することにした。このため、既存のコンピテンシーモデルとして、IPA（独立行政法人 情報処理推進機構）が開発したiコンピテンシディクショナリを取り上げ、タスク項目、スキル項目、知識項目の関連性をグラフで視覚化し、学習経済への導入の可能性を検証する。

以下では、第2節で「学習経済」の概要と現在までの実証実験の結果について述べ、第3節でコンピテンシー及びコンピテンシーモデルについて説明する、第4節と第5節で、実際のコンピテンシーモデルを使った解析結果を示し、第6節でその解析結果について考察する。第7節はまとめである。

2. 学習経済

2.1 学習経済モデル

イリイチ[3]が指摘するように、学校という枠組みに捕らわれないインフォーマルな教育では、学校の「教え」（teaching）では得ることのできない、多様な「学び」（learning）が存在している。例えば、職場での経験からは、職業スキルに関して、高度な技能やノウハウを修得する機会を得る。日々の社会生活からは、日常生活のための知恵や教訓を得ている。しかし、その多くは、わざわざ意識されることも知識として体系化されることもなく忘れ去れて

ている。学習経済は、そのような日常の「学び」から生まれた、気付き、経験、行動を、目に見える「学びの成果」とし、その学びの成果を取引することで、常に新しい知識を誰でもが手にいれる機会を与えられる教育の仕組みである。

また、学習経済のもう一つの特徴は、価値を生む主体を、「教え」から「学び」に置き換える仕組みにある。従来の学校では、報酬は、「教え」すなわち教師や学校に対し学ぶ側である学習者が支払うものであった。これに対して、学習経済では、学習者自身の「学び」に対し直接的に報酬が支払われる。この結果、学習者は、学ぶことによる経済的な負担から開放されるばかりではなく、むしろ学ぶことにより、経済的な報酬を得ることさえできるようになる。

学習経済では、日常生活での学びのプロセスにより生じられるいは変化した人々の状態は、様々な方法でブロックチェーンに記録され、学びの成果として取引される。本稿ではこれらの記録を「学びのログ」と呼んでいる。

この学びのログは、内省的ログ、経験ログ、行動ログの3つのログから構成されている。①内省的ログは、ブログやSNS（Social Network Service）などのインターネット上の投稿に含まれている気付きやアイデアが記録されている。②経験ログは、ボランティア活動や仕事など実生活で得た経験が記録されている。③行動ログは、IoT（Internet of Things）技術やウェアラブルデバイスなど、装置を利用して取得できる人の行動パターンなどが記録されている。

実証実験システムでは、ブロックチェーンの優れた本人性と耐改竄性を用いて、この学びのログをブロックチェーンに記録することで、いつ、誰が、どのような学びの成果を生んだのかを証明し、知的財産として取り扱い、ブロックチェーンのスマートコントラクトを用いて、この知的財産を仮想通貨で取引した。実証実験システムの概要を図1に示す。

学習者は学びのログをブロックチェーンに記録し、自ら決めた条件（コントラクト）により知財化する。生産要素市場では、コントラクトに従って加工者に販売する。加工者は、それを購入し、学びのログに潜む知識、ノウハウ、スキルを抽出して財・サービス市場で、再び学習者に販売する。ここで加工者は必ずしも人間である必要はなく、例えば、いわゆるAIであってもよい。これにより、学習経済における学びの循環が形成される。

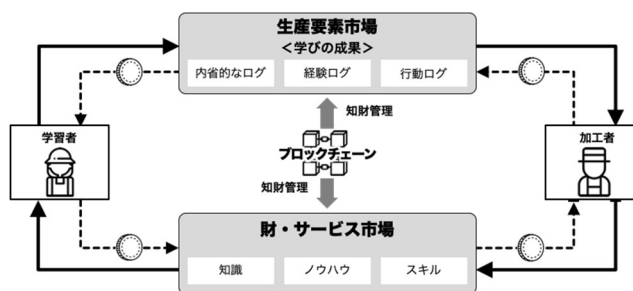


図1 学習経済の循環モデル

学習経済は、経済循環モデルを援用することで、市場経済の中で不断に評価され、妥当な価格が形成されるという経済循環のプロセスを持つ。このプロセスで市場原理に基づいた学びの成果の評価、仮想通貨の獲得による学びへの動機付けを実現する。また、市場競争によって、低品質、

あるいは虚偽の情報が含まれる知識、ノウハウ、スキルを排除し、教育の質が保証される原理が提供される。

2.2 学習経済の実証実験

我々は、現在までに、SNSに業務の記録、日々の気付き等を記録すると、それがブロックチェーンに記録されるというシステムを開発し、実証実験システムを構築し、学習経済における、学びの成果の知財化と取引の実験を行ってきた。

その動作を説明するために、Learnerの役割を演じるアリスとキャロルという2人のプレイヤーを登場させ、Fabricantの役割を演じるボブとデイヴというプレイヤーを登場させて具体的な手順を説明する(図2)。

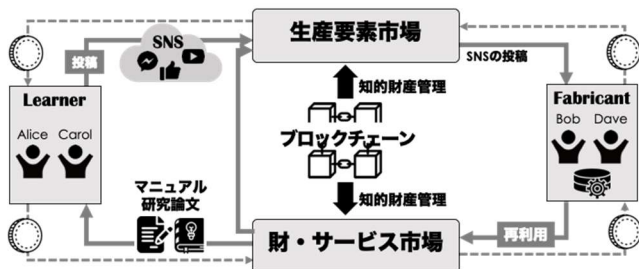


図2 実証実験システムのプロセス

①ベテランの農業従事者であるアリスは、Learnerとして野菜栽培に関する情報をSNSに投稿する。投稿した記事は生産要素市場で販売される。②農業指導員であるボブは、Fabricantとしてアリスの投稿記事を含めた複数の記事を購入し、再利用してベテランの農家に共通する手技を見つけ、製品として野菜栽培の電子書籍を作成し、財・サービス市場で販売する。③初心者の農業従事者であるキャロルはLearnerとしてボブの書籍を購入し野菜を栽培する。そして、そこでの疑問点をSNSに投稿する。投稿記事は生産要素市場で販売される。④ボブは、再びFabricantとしてキャロルのブログを購入し、電子書籍を改訂し、財・サービス市場で販売する。⑤ボブの書籍は生産要素市場を通して、研究者のデイヴにも販売される。デイヴは、Fabricantとしてボブの書籍を引用して、製品として研究論文を作成し、財・サービス市場で販売する。

2.3 実証実験の結果

今回の実証実験を通じて、業務に関して日々の日常的な気付きをブロックチェーンに記録することで、①いつ・誰が・何を発信したかを証明し、知財としてその権利を主張できること、②仮想通貨が、情報の質と学びへの積極性を評価する指標となること、③仮想通貨が学習者の動機付けになることが確認できた。

しかし、この実験での最大の懸念事項は、正しくない情報がFabricantによってまとめられてしまうと、その情報は正しいものとして扱われ、Learnerによって訂正されるためには、時間を要することにある。先の例で言えば、Fabricantのボブによって作成された書籍の誤りは、研究者のFabricantであるボブが発見して訂正される可能性があるが、ボブに見逃されると、Learnerであるベテランのアリス、そして初心者のキャロルが、それに気づき、購入を行わないといった選択をするのは困難である。市場競争原理が働くと、いつかは競争を通じて質の悪い学びの成果は評価されなくなっていくことは予想されたが、この原理だけでは、多くの時間を費やすことになる。さらに、アリス、キャロルが、市場に流通している商品の中から、自分にとって本当に必要な商品を見つけ出し、選択して購入することは困

難である。つまり、正しいコンテンツ、必要なコンテンツを見つけ出す方法が学習経済の課題となった。

3. コンピテンシー

3.1 コンピテンシーの概念

コンピテンシーは、White[4]が、1950年代に論文の中で紹介したことから端を発しており、その後、McClelland[5]によって、ビジネスの世界に導入された概念である。一方、コンピテンシーの共通の定義は発祥の地である米国においても定まっておらず、日本においても共通の定義を見ることはできない[6]。

岩脇[7]は、コンピテンシーの定義は多義的であるとし次のように整理している。ビジネスの領域では、人材アセスメント・ツール「高業績者に特有の成果を上げる行動特性」として、教育領域においては、知識を効果的に習得するための広い範囲での学力として、アメリカの司法の領域では、知能や精神状態に関する法的基準を示す用語として、臨床心理学では日常生活における様々な活動を自分でできることや他人の世話ができることなどとして用いられている。ただし、経済協力開発機構(OECD)が開発した「キー・コンピテンシー」は、ビジネス領域を中心とする様々な領域で定義されたコンピテンシーをもとにした教育目標である。

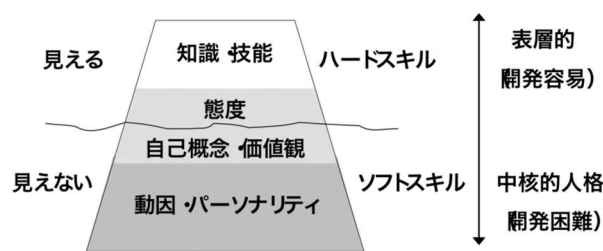


図3 コンピテンシーの氷山モデル[7]

そこで、本稿におけるコンピテンシーは、このOECDのキーコンピテンシーに準じた概念を「学習目標」と考える。

コンピテンシーの要素をわかりやすく説明するためによく用いられるのが、氷山モデルである。水面より上は、知識、技能・態度などの顕在化された能力で、開発が容易である。一方、水面より下は自己概念・価値観、動因・パーソナリティなど潜在的な能力で、生まれながら持っている人の特性とも言え、開発が困難である。岩崎[6]は、水面より上の能力をハードスキル、下の能力をソフトスキルと定義している。

3.2 コンピテンシーモデルの開発

コンピテンシーを体系的にまとめてモデル化したものをコンピテンシーモデルという。コンピテンシーモデルの開発の最もオーソドックスなものは、仮説的な卓越人材と平均的人材を選び、それぞれのデータ収集をおこない両者を峻別する方法である[6]。ここで収集されるデータは、行動結果面接(BEI法)、専門家パネル、業務タスク/機能分析、直接的観察等によって、タスクと、ハードスキル、ソフトスキルを紐付けようとしている。このような仮説に基づくコンピテンシーモデルでは、クロス検証や同時的構築検証などの検証が、継続的に行われることで精度を高めることができると考えられている。

こうしたコンピテンシーを開発するためには、多くの時間と努力、専門知識が費やされている[8]。同時に、その標準化の努力も続けられており、コンピテンシーディクショナリ、あるいはジェネリックモデルと呼ばれる一種のリポ

ジトリが構築されている[6]。コンピテンシーディクショナリは、あらゆる一般的なコンピテンシーを一覧表にまとめたもので、各組織のコンピテンシーモデルのベースとなるものである。ジェネリックモデルは、業界団体が独自のコンピテンシー・モデルを「既製品」として、公表しているがもので、すなわち、一般化されたコンピテンシーモデルである。

3.3 コンピテンシーに基づく教育

コンピテンシーに基づく教育は、獲得したい能力やスキルに応じた、コンピテンシーモデルを構築し、このコンピテンシーモデルに従って、順に学習していく手法である。コンピテンシーに基づく教育は、授業への出席や学習時間で成績が付けられるのではなく、特定のコンピテンシーの習得を目標として、それに到達するまで個々の学習者のスタイルやペースに合った形で学んでいき、学習者がどの程度コンピテンシーを身につけたか評価することのみで成績が判定される[9]。

コンピテンシーに基づく教育は、高等教育の学費が高騰する米国において、社会が要求する知識やスキルを効率的に低価格で身につける事ができるとして、オバマ政権下で大学のカリキュラムとして連邦政府に正式に認められたことから拡大した。

コンピテンシーに基づく教育は、学習者の学び方は自由であり、どこでどのように学んだかは問われない。そういった点で、日常生活の学びから知識を身につける学習経済とも共通点を持つ学習方法であると言える。

4. コンピテンシーモデルの例

図4 タスクディクショナリの構造[10]

学習経済とコンピテンシーに基づく教育は、親和性が高く、学習経済に取り入れることは、大きな効果が期待できる。しかし、現状のコンピテンシーモデルをそのまま導入できるかどうかについては、検討が必要である。このため、既存のコンピテンシーモデルが、どのような性格を持つものであるかについて、検証を行うことにした。

現時点では、自由に利用できるオープンなコンピテンシーモデルは、世界的に見ても殆ど存在しない。わずかな例外として、日本の iCD (i コンピテンシディクショナリ) がある。

iCD は、IPA (独立行政法人情報処理推進機構) が開発した、IT 人材のためのコンピテンシーディクショナリである [10]。IEEE Computer Society の EITBOK (Enterprise IT Body of Knowledge) から、アジアにおける EIT (Enterprise IT) フ

レームワークとしても参照されており [11], IT 人材のグローバル・スタンダードの一つと言える。本節では、本稿で用いた iCD の概要について説明する。

4.1 タスクディクショナリ

iCD は、タスクディクショナリとスキルディクショナリから構成されている。

タスクディクショナリは、次の大中小の三階層で構成されており、(小分類) 個人の業務が最も粒度の小さいタスクとなっており、本稿では、単にタスクと呼ぶ。

- (大分類) 組織に求められる機能
- (中分類) 組織の業務
- (小分類) 個人の業務

図4は、タスクディクショナリの大分類の構成図である。タスクディクショナリでは、開発関係業務から、評価・改善、管理・統制に至るまで IT 関係企業に必要なと考えられるタスクの殆どが網羅されている。

4.2 スキルディクショナリ

スキルディクショナリは、個人が業務を行うために必要とする能力を体系化したものであり、次の大中小の三階層で構成されている。

- 大分類) スキルカテゴリ
- (中分類) スキル分類
- (小分類) スキル項目

小分類のスキル項目が最も粒度の小さいスキルとなっており、本稿では、スキル項目を分析対象とし、これを単にスキルと呼ぶ。

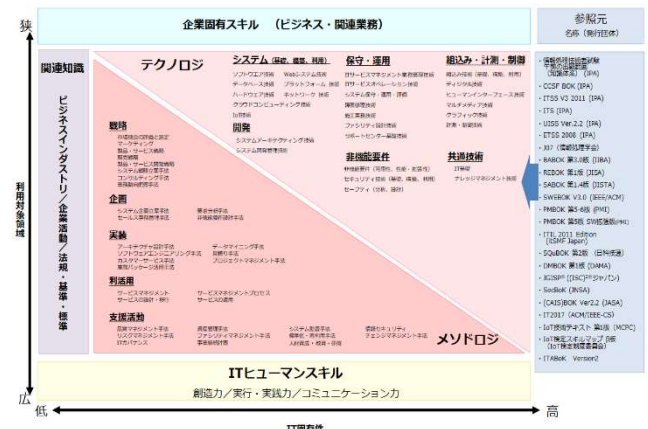


図5 スキルディクショナリの構造[10]

図5はスキルディクショナリの大分類と中分類、そして関連知識の構成図である。

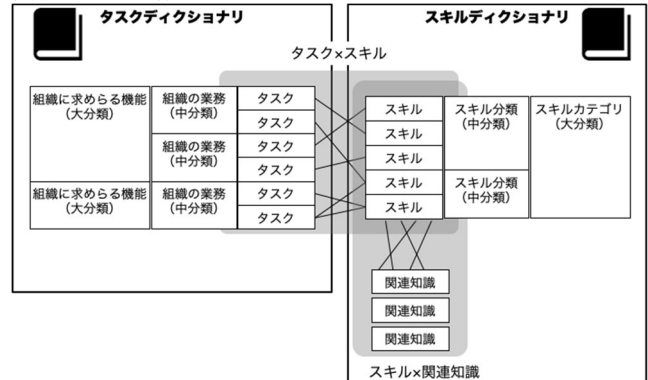


図6 タスクディクショナリとスキルディクショナリの関連

コンピテンシー氷山モデルとの対応で言えば、関連知識は知識に、テクノロジー、メソドロジーは技能に、IT ヒューマンスキルは態度に、テクノロジーはハードスキルに相当すると考えられる。なおソフトスキルは、iDC では示されていない。

4.3 タスク・スキル・関連知識の関連

図6は、iCDのタスク、スキル、関連知識の関連である。タスクディクショナリのタスクは、スキルディクショナリのスキルと紐付けされており、スキルは関連知識と紐付けされている。

5. コンピテンシーモデルの検証

5.1 方法

コンピテンシーモデルを分析するために本稿では、ネットワークのグラフ手法を用いRのigraphパッケージ利用した。この時、iCDのタスク、スキル、関連知識の關係に着目し、それぞれをノード(頂点)としてグラフでその關係を解析した。

解析に当たって、iCDでは、同じ文言の関連知識に対して、異なるコードが割り当てられている。そのため、同じ文言の関連知識は同じ関連知識とし、コードを振り直した。表2はタスク、スキル、関連知識の項目数である。

表2: 各項目の項目数

項目	タスク	スキル	関連知識
項目数	639	491	8843

5.2 分析

5.2.1 二部グラフ

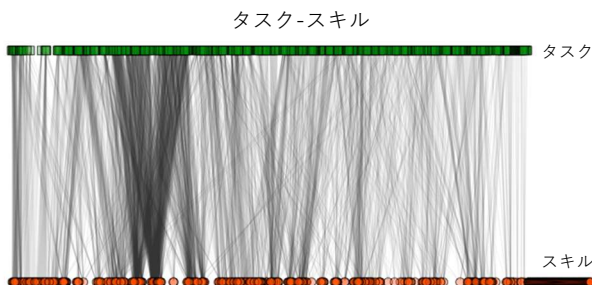


図7 タスクとスキルの関係

図7はタスク-スキルの関係、図8はスキル-知識の関係を示したグラフである。

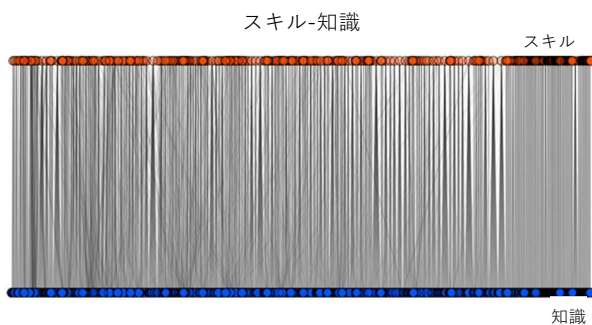


図8 スキルと関連知識の関係

図7情報のノードがタスクノード、下方がスキルノードを表している。また図8の上方がスキルノード、下方が知識ノードである。このように、2つの種類の違うノードが混在したグラフを二部グラフという。二部グラフは、同じ

種類のノード間は接合關係を持たず、種類の違うノードのみが接合關係を持つという特徴を持っている。

タスク-スキルグラフのタスクノードとスキルノード、は互いにn対n対応していることがわかる。つまり、タスクを行うには複数のスキルを修得する必要があり、また、反対に、一つのスキルが、複数の業務において共通して身につけなくてはならないスキとして存在することを表している。また、スキル-知識グラフのスキルノードと知識ノードもn対n対応している。従って、同じように一つのスキルを修得するには複数の知識が必要であり、反対に、一つの知識が、複数のスキルに共通する知識として存在することを表している。

図9は、タスク-スキルグラフ及びスキル-知識グラフの次数分布である。

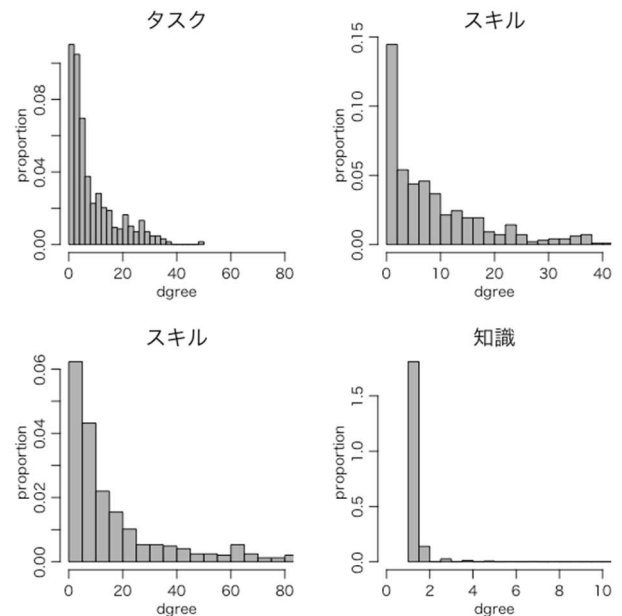


図9 次数の分布 (ヒストグラム)

タスク-スキルのうちタスク側の各ノードのエッジを数え上げて次数順に並べてヒストグラムにしたものが、図9上段左図であり、同じようにスキルのノードのエッジを数え上げて次数順に並べたものが図9上段右図である。図9下段は、スキル-知識のそれぞれのノードのエッジを数え上げたヒストグラムである。いずれも一見してスケールフリー(次数分布のべき乗則)となっているように見える。実際にも、両グラフとも両対数でプロットすると、タスク-スキルのタスクの線形近似は $5.40-1.20\log(x)$ $R^2=0.75$ (図10上段左)、スキルの線形近似は、 $5.13-1.27\log(x)$ $R^2=0.78$ (図10上段右)であり、スキル-知識のタスクの線形近似は、スキルについては、 $5.10-1.24\log(x)$ $R^2=0.78$ (図10下段左)、知識については、 $8.89-3.56\log(x)$ $R^2=0.98$ (図10下段右)となって、直線に強くフィットし、いずれもほぼべき乗分布に従っていることが強く推定される。

グラフにおいてノードに接続するエッジの数、すなわち次数が、スケールフリーであるとするならば、そのノードの値を表す指標となる[12]。つまり、ノードによって、値は大きく異なっていることが示されている。

また、スケールフリーのノードうち、次数の高いものはハブと呼ばれる。これに対して次数の低いものをいくつか抽出し、ハブとなっているノードの性格を推定してみる

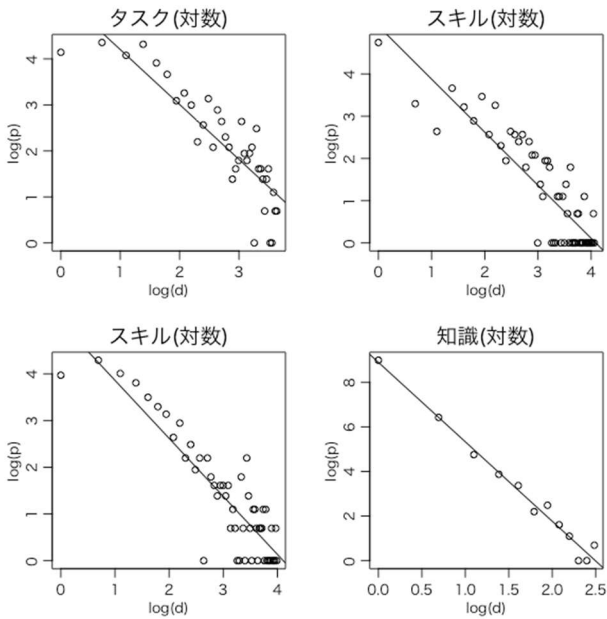


図10 次数の分布（線形近似）

まず、タスク・スキルのうちタスク内でのノードの次数の差は、上流工程のタスク、であるか下流工程のタスクであるかを示していると推定される（表3）。

表3 タスク内でのノードの次数

ハブ	セキュリティテスト計画の作成 (49) 入出力詳細設計 (37) ソフトウェアコンポーネント設計(機能分割・構造化) (36)
低次数	業務計画の具体化 (1) 委託/受託業務の内容と責任分担の明確化 (1) 携帯・スマートフォンサイトの運用 (1)

() は次数

一方、スキル・タスク間のノードの次数の差は、専門性の高さを示していると推定される（表4）。

表4 スキル・タスク間でのノードの次数

ハブ	ソフトウェア工学(99) システム開発のアプローチ(98) ソフトウェア開発のフォールトトレランス(85)
低次数	セールス交渉手法(1) 経理事務手法(1) マスタデータ管理技術(1)

また、スキル・知識の関係において、次数の高い知識をみると、IT分野の中でも基礎的な知識を示していると推定される(表5)。

表5 スキル・知識でのノードの次数

ハブ	テスト技術・手法(145) アルゴリズム (143) コンピュータアーキテクチャ(138)
低次数	インターネットアプリケーション基盤技術(1) ナレッジベース(3) IoT デバイスのセキュリティ対策(3)

() は次数

最後に、知識内のノードの次数の差では、高い次数の知識は、IT分野に捕らわれないより一般的で基礎的な知識を示していると推定されるが、この場合、ハブのエッジの数は他に比べて非常に小さいため、このままでは、ハブの機能を十分に果たしていないように見える（表6）。

表6 知識内でのノードの次数

ハブ	リスク分析手法(12) SWOT分析 (11) バランススコアカード(9)
低次数	多バイト文字コード(1) ウェアラブルコンピューティング(1) センサを利用したインタラクション(1)

() は次数

5.2.2.1 モードグラフ

ここで、さらに各ノードの性質を調べるために、二部グラフを1モードグラフに変換する。

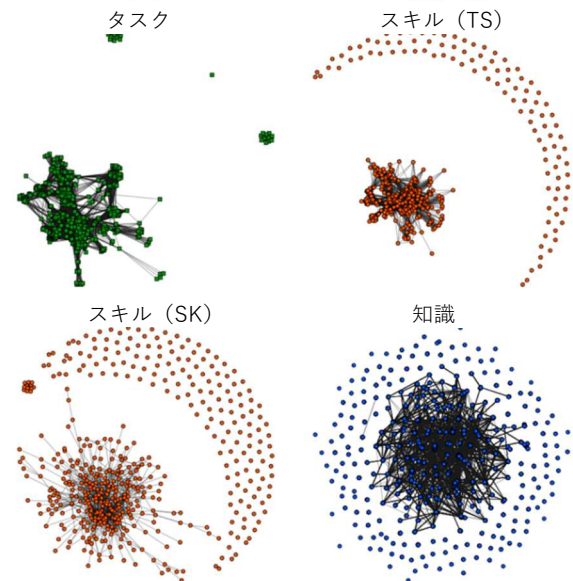


図11 1モードグラフでの次数

この変換方法を図12で説明する。まず、二部グラフのタスクの中から、一つタスクを取り出す。これを T1 としよう。二部グラフでノード T1 に接合するノード S1, S2, S3 の互いの関係を完全グラフで表現する。

図11は、そのような方法で、図7、図8の二部グラフを1モードのグラフに変換したものである。

このとき、スキルは、図7のタスク・スキルグラフから抽出されたスキルグラフと、図8のスキル・知識グラフから

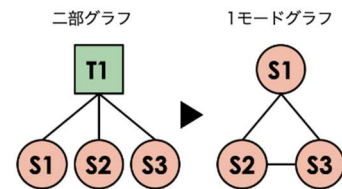


図12 二部グラフから1モードグラフへの変換

抽出されたスキルグラフの2種類のグラフが作られる。本稿では前者をスキル (TS)、後者をスキル (SK) と呼ぶことにする。スキル (TS)、スキル (SK) のいずれのグラフも、周辺にどのノードとも接合しない次数0のノードが存在する。

図13はこのように変換した各ノードの次数分布のヒストグラムである。一見して、タスクはべき乗分布ではないが、スキル (TS) もべき乗分布とは言えない形である。

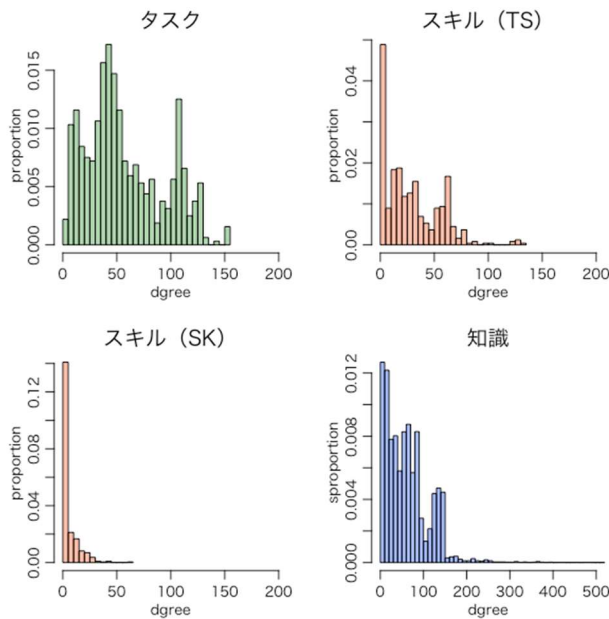


図 13 モードグラフの度数分布ヒストグラム

そこで、図 13 上段については、正規性を、下段についてはべき乗分布について調べてみた。

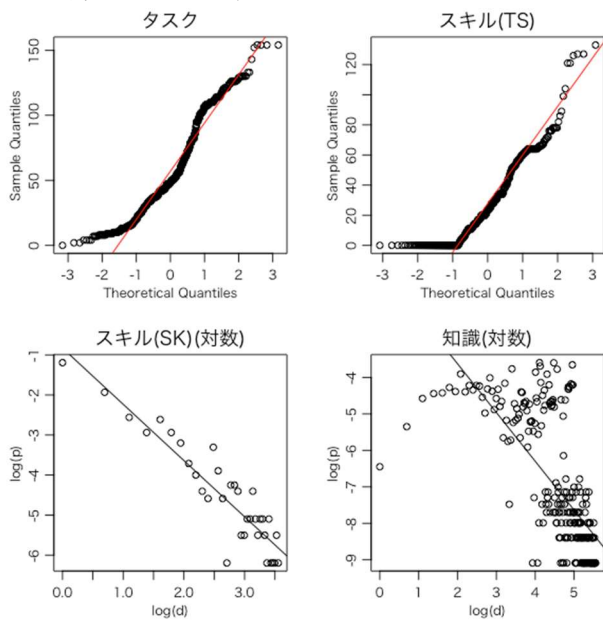


図 14 1モードグラフの度数分布

図 14 は、上段については、QQ プロットが描かれており、下段については、度数分布を両対数でプロットしている。また、上段について Shapiro-Wilk normality test を行うと、左図については、 $W = 0.93932$ となり p 値は $1.801e-15$ であった。右図は、 $W = 0.90092$ であり、 p -値は $< 2.2e-16$ と検出できないほど小さくなった。すなわち、タスク及びタスクスキルのノードは、正規分布を仮定したランダムネットワークとなっていると推定される。

これに対して、下段の直線のあてはまりは、スキルー知識 (SK) は、依然として $R^2 = 0.852$ と強い相関がありスケールフリーと推定されるが、知識だけでみると $R^2 = 0.49$ と相関が認められたが、スケールフリーであるともランダムネットワークであるとも言えない。

5.3 iCD コンピテンシーモデルの特徴

iCD のタスク、スキル、関連知識をノードにしてグラフを作成した場合、スキルノードの次数は、図 15 に示す 4 種類を取得できる。

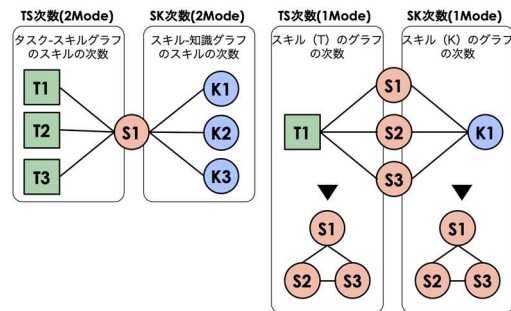


図 15 タスク、スキル、関係知識の関係

一つ目は、図 7 のタスク-スキルの二部グラフで得られるタスクノードと接合するスキルノードの次数である。これを TS2 次数と呼ぶことにする。TS2 次数は、そのスキルにより実行できるタスクの種類の数を表すことになる。二つ目は図 7 のタスク-スキルの二部グラフで得られる知識ノードと接合するスキルノードの次数である。これを SK2 次数と呼ぶことにする。これはそのスキルを修得するのに必要な知識の数を表す。三つ目は図 7 のタスク-スキルグラフを 1 モードグラフに変換した際に得られるスキルノードの次数である。これを TS1 次数と呼ぶことにする。この次数は、タスク-スキルグラフにおいて同じタスクに接合するスキル同士が接合される。すなわち、(あるタスクを実行する際に必要なスキルの数-1) 個の次数となる。四つ目が、図 8 のスキル-知識グラフを 1 モードグラフに変換した際に得られるスキルノードの次数である。これを SK1 次数と呼ぶことにする。この次数は、(ある知識を修得することで同時に獲得できるスキルの数-1) 個の次数となる。



図 16 スキルノードと 4 つの次元

この 4 種類の次数とスキルノードを相関分析にかけた結果を解釈してモデル化したものが図 16 である。原点からみて TS1 次数、SK2 次数、TS1 次数、SK1 次数と同じ方向に配置しているスキルノードが特徴的に高い次数をもったスキルノードである。

これを解釈すると、学校等で身につけることができる普遍的で汎用的なスキルは右側に、現場で身につけるスキルは左側に配置される傾向にある。また、上方ほど、IT 分野の専門的なスキル、下方ほど、IT 分野に限らない広分野のノウハウである傾向にある。普遍・汎用的×分野特化のスキルノードの密度が非常に密になっている。これは、iCD が IT 企業分野に特化した普遍的・汎用的なスキルを中心に構成されていることを示しており、現場の経験で修得する「技」や、他分野でも通用する総合的なスキルが不足して

いる傾向のあらわれであるとも説明できる。iCDのような、タスク、スキル、知識が関連したコンピテンシーによりスキルの特徴がある程度定量的に把握できることを示している。

6. 考察

6.1 コンピテンシーモデルの課題

iCDをネットワークのグラフ手法で解析すると、図17で示すとおり、IT分野におけるスキルを体系的に整理し、その網羅性も高いことが見て取れる。iCDのこうした利点はすでに掛井[13]でも指摘されている。

しかし、今回の分析では、iCDコンピテンシーモデルでは、タスクが求めるスキルについては、ランダムネットワークの構造を持っているが、スキルの求め知識はスケールフリーであることが推定された。その意味するところは、タスクの求めるスキルは、そのひとつひとつを丹念に学習する必要があるということであり、スキルの求め知識は、ハブとなる知識によってかなりの部分を覆うことが出来るかもしれないことを示唆している。しかし、スケールフリーである以上、次数の小さな知識は、短時間でハブに成長する可能性を秘めており、急速に進展する情報技術の分野において、このようなコンピテンシーモデルを維持するためには、膨大な人的資源により機動的に見直す必要があることも示唆している。

6.2 学習経済へのコンピテンシーモデルの適用

現在学習経済は、市場経済に基づく取引によってもともとスケールフリーの構造をもっており、このため、フォーマルな学校教育制度に対する優位性がある。一方で、そのスケールフリーな構造であるが故に、誤った情報が爆発的に拡散するという問題を秘めている。

コンピテンシーモデルを適切に学習経済に取り込むことができれば、学習経済のランダムネットワークな構造とスケールフリーな構造によって、コンピテンシーモデルによる質保証システムが機能しすることが示唆された。同時に学習経済のスケールフリーな機能を活かして、コンピテンシーモデルを学習経済が動的に構成して行くことができる。

7. まとめ

本稿ではiCDコンピテンシーモデルをとりあげて、その構造を解析した。今回の分析により、コンピテンシーモデルにおけるネットワークのグラフ手法の有効性が明らかになった。

コンピテンシーモデルを学習経済に導入すれば、学習経済の質保証システムとして機能することが期待されるとともに、コンピテンシーモデルは市場原理により、動的に補正され、より適切なコンピテンシーモデルになる可能性が示された。

しかし、学習経済は、極めて広い分野の学びを対象としており、あらゆる分野のコンピテンシーモデルを構築し、学習経済全体を覆えるようなコンピテンシー空間を構成することは、人的な作業では不可能である。

今後は、実際にコンピテンシーモデルを学習経済に取り込み、その動的な構成がどのような形で達成されるかを実験的に確認して行く必要がある。ネットワークのグラフ手法は、Graph Convolution[14]を利用して、適切なコンピテンシーモデルを探索する方法も検討して行く。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP7H01844 及び国立情報学研究所平成 29 年度共同研究戦略研究公募型課題番号 13 の支援を受けた。

8. 参考文献

- [1] Hori, M., Ono, S., Kita, T., Miyahara, H., Sakashita, S., Miyashita, K., and Yamaji, K., "Development of a Learning Economy Platform Based on Blockchain", Lifelong Technology-Enhanced Learning, EC-TEL 2018 Lecture Notes in Computer Science 11082, pp 587-590, 2018,
- [2] 堀真寿美, 小野成志, 宮下健輔, 坂下秀, 喜多敏博, 学習経済モデルに基づくブロックチェーンを利用した非集中型学習支援システムの構築, 情報教育シンポジウム, 2019年
- [3] Illich, I. Deschooling society. Harmondsworth. Middlesex. 1973.
- [4] White, R. W., "Motivation Reconsidered: The Concept of Competence", *Psychological Review*, Vol.66, 1959, 297-333.
- [5] McLagan, P., "Competency Models", *Training & Development Journal*, Vol. 34 Issue 12, 1980, 22-26.
- [6] 加藤恭子, 日米におけるコンピテンシー概念の生成と混乱, 日本大学経済学部産業経営研究所所報, 68, 2011, 46-50.
- [7] 岩脇千裕, 日本企業の大学新卒者採用におけるコンピテンシー概念の文脈: 自己理解支援ツール開発にむけての探索的アプローチ, JILPT Discussion Paper Series, 07-04号, 2007.
- [8] ACRL(2000), Association of College, Research Libraries and American Library Association, "Information literacy competency standards for higher education", available at: <http://halfanhour.blogspot.ca/2012/04/rise-of-moocs.html> (accessed 9 April 2016).
- [9] 青木久美子. 「新しい」大学教育: コンピテンシーに基づく教育(CBE)の実践(特集 大学教育の「実践性」). 日本労働研究雑誌, 2017, 59.10: 37-45.
- [10] IPA, i コンピテンシ ディクショナリ 概要 https://www.ipa.go.jp/jinzai/hrd/i_competency_dictionary/icd.html
- [11] EITBOK, Enterprise Architecture http://eitbokwiki.org/Enterprise_Architecture#Key_Competence_Frameworks
- [12] 金 明哲, 鈴木 努, ネットワーク分析 第2版, Rで学ぶデータサイエンス, 8巻, 共立出版
- [13] 掛下哲郎, 山本真司, IT分野のスキル標準を用いた知識・スキル項目の体系化と教育プログラムの分析事例, 情報処理学会論文誌 49.10, 3377-3387, 2008
- [14] Chen, Zhengdao, Xiang Li, and Joan Bruna. "Supervised community detection with line graph neural networks." arXiv preprint arXiv:1705.08415, 2017.