

論 文

技術革新の不確実性はIT技術者が 潜在起業家となるのにどう影響するか：

リアルオプション理論をふまえた実証研究

加 藤 敦

同志社女子大学・現代社会学部・社会システム学科・教授

Entrepreneurship of IT engineers under high exogenous uncertainty:

An empirical study from the real options perspective

KATO Atsushi

Department of Social System Studies, Faculty of Contemporary Social Studies,
Doshisha Women's College of Liberal Arts, Professor

Abstract

The researcher studies opportunity seeking activities including self-employment of IT engineers empirically from the viewpoint of real options. IT engineers could exercise options to start business if these net present value (NPV) of their lifelong income exceeds the NPV of incumbent career. Based on the exchange option model (Margrabe, 1978), the theoretical hypotheses are presented regarding the relationship between startup options and the uncertainty variables including the corporate capability of the incumbent hired organization and the human capital of IT engineers. In addition, the influence of industrial organizational problems, the mixture of new and old generation technology and the horizontal division of labor, are considered.

Keywords: IT technician, start-up, uncertainty, real options

1 序論

筆者の問題意識は、外生的な不確実性は労働者に起業の準備を促すのか、また大きな不確実性に支配されるIT技術者が潜在起業家となるのにどう影響するか、ということである。そこ

で、小論では起業家の一步手前である潜在的起業家になる上での不確実性の影響について検討する。リアルオプションの考え方を援用し、「第4次産業革命」という大きな技術革新に晒されるIT技術者の起業活動についてのモデル化を試みた上で、質問調査にもとづき実証的に考察

する。

IT 技術者は、「第4次産業革命」(Industry4.0)と言われる大きな技術革新に直面し、こうした外生的要因により自己のスキルや会社の将来などについての不確実性が増している。こうした不確実性の大きさは、起業や転職を目指す上でどのように影響するだろうか。これまで不確実性と起業活動についてリアルオプションの観点から研究されたことがあるが、小論では交換オプションの価値評価モデル (Margrabe, 1978) にもとづき、IT の技術革新という外生要因が、既存組織の企業価値に及ぼす不確実性、IT 技術者の人的資本に及ぼす不確実性、それらの相関関係が、IT 技術者の起業準備活動にいかに関与を及ぼすか、理論的に明らかにする。さらに、こうした理論的仮説があてはまるか、IT 技術者を対象とした実証的研究により確認する。

小論の構成は次の通りである。第2節では課題の認識と分析の枠組みを踏まえ、起業をオプションとして考えることと不確実性の関係について理論的に導く。第3節では実証研究にあたっての仮説を示す。第4節では実証研究の方法や結果について示す。最後に、第5節でまとめと考察を行う。

2 課題の認識と分析の枠組み

2.1 IT 技術者の起業と不確実性

『平成23年度中小企業白書』では、起業が国民経済に与える影響について、経済の新陳代謝と新規企業の高い成長力、雇用の創出、起業が生み出す社会の多様性といった3つを挙げている。また、革新的なITベンチャーを生み出すことで、我が国産業の高付加価値化、競争力強化を図っていくことが必要とされる(経済産業省、2014)。ITベンチャーが生み出されるためには、IT技術者による起業活動が活発に行われる必要がある。さらに設立されたITベンチャーが健全な発展を遂げるためには、付加価値の大半を占める質の高い労働力を確保するために、IT技術者の新卒採用だけでなく、既存

企業から転職によりIT技術者の受入れが円滑に進むことが重要である。

IT技術者は「第4次産業革命」という大きな技術革新に晒され、生涯所得に関する外生的不確実性が大きくなっている¹⁾。筆者の問題意識は、外生的な不確実性は労働者に起業の準備を促すのか、また大きな不確実性に支配されるIT技術者の起業を促すのはどのようなことか、ということである。

起業活動は、潜在的起業家の段階から初期起業段階(起業そして初期事業家)へと進むモデルとしてとらえることができる(GEM, 2020)。初期起業段階は、事業機会について認識し、自らの能力・スキルが十分であると考えた潜在的起業家が、リスクに向き合い環境を知覚し起業に踏み出すことである。GEM(2020)は起業活動を促すフレームワークとして、属人的要因(心理的要因、デモグラフィック要因、モチベーション)、起業に関する社会的な評価、社会的・文化的・経済的要素が起業活動に影響を与えることを示している。このうち、心理的要素(起業家の心構え)に相当するのが起業家精神であり、その強弱を測る3要素として積極性(proactiveness)、革新性(innovativeness)並びにリスク・テイキング(risk taking)がしばしば取り上げられる(Miller, 1983)²⁾。従ってリスク・テイキング、すなわち不確実性を受け止め対策を講じ大胆に事業を推進することは、起業家の根底にある要素の一つとして位置づけられているのである。Magnani and Zucchella(2018)は不確実性をテーマとした起業に関する実証研究の大規模なサーベイを行い、起業家が向き合う不確実性を4つの要素に分類している³⁾。

- ・外部環境(outcomes of external environment)の不確実性
- ・競争者・協業者の行動(other actors' actions)の不確実性
- ・知識(knowledge)の不確実性
- ・外生的不確実性への対応力(degrees of confidence to deal with external

uncertainty)

このうち、最初の2つが外生的不確実性で、残りが内生的不確実性である。また外生的不確実性への対応力は起業家精神におけるリスク・テイキングに相当する。IT技術者という文脈でとらえると、外部環境として急速なIT分野の技術革新、競争者・協業者の行動としてはライバルの動きや協力者の動向、知識の不確実性についてはスキルや人的ネットワーク、外生的不確実性への対応力としてはマネジメント力・自己管理能力などの不確実性が挙げられる。

次に起業段階における意思決定と不確実性については、次の2つの視座から考えよう。第1に、起業か、現職にとどまるか、という起業段階の意思決定を現在するという視座である。不確実性下における標準的な意思決定理論が期待効用理論である。期待効用とは、意思決定によって生じる様々な局面における効用について、各局面が生じる確率で加重平均し期待値を取ったものである。起業に関して考えるなら、労働者は起業するか判断する際、起業の結果、生まれる様々な局面における生涯所得（毎年生じるキャッシュフローの現在価値）を生起確率で加重平均した期待効用を、同様に求めた現職で得られる期待効用と比較し、これを上回るか否かを判断基準にする。言い換えると、リスク回避的な労働者は、生涯所得の不確実性をリスク耐性にもとづき割り引いて確実同値額（certainty equivalent）ベースで評価する。この考えに立つと現職にとどまる場合の不確実性の大きさと、起業を選んだ際の不確実性の大きさが重要である。一般に起業はより大きな不確実性に晒されるので、起業に消極的になるという結論が導かれやすい。また、いかに不確実性を減じるマネジメントを行うべきかが起業家の課題とされる⁴⁾。

第2に、起業の一步手前の潜在的起業家の段階に達しているか、将来のある時点で起業するという選択肢を確保しているか、という視座である。この視座に立つアプローチの1つがリアルオプションである。リアルオプションの考え方に立つと、労働者は起業をするか現職に留ま

るか現時点で決める必要はない。不確実性が解消される将来のある時点で、どちらを選ぶか選択できるというオプションを保持することが、どれほど価値があるのかを評価する。

小論では、第2の視座、すなわち潜在的起業家になることと不確実性の影響について検討する。筆者の問題意識は、外生的な不確実性は労働者に起業の準備を促すのか、また大きな不確実性に支配されるIT技術者が潜在起業家となるのにどう影響するか、ということである。前述の通り、IT技術者にとり、外生的不確実性として、急速なIT分野の技術革新、ライバルの動きや協力者の動向などがある。また内生的不確実性については、スキルや人的ネットワーク、マネジメント力・自己管理能力などが挙げられる。内生的不確実性は、勤務先企業や転職先企業のもつ組織的能力（capability, ケイパビリティ）並びにIT技術者本人の人的資本と言い換えることができる。人的資本（human capital）は従業員に体化し、企業の経済活動に寄与する無形資産であり、機械や設備など他の資産と同様に投資によって拡充されうる（Becker, 1975）。人的資本の範疇は識者によって変わるが、小論ではスキルや人的ネットワーク、マネジメント力・自己管理能力を包括的に示すものとして扱う⁵⁾。ここで重要なのが人的資本の取引特殊性である。人的資本は、現在働く上では価値が高いが起業すると価値が下がってしまう取引特殊的（trade specific）なもの、どこで働くかに関係なく価値を保つ一般的（general）なものに分けることができる。例えば、ある企業に特有な仕事の進め方を習熟することは取引特殊的であり、プログラミング言語などの技能は一般的である。人的資本の取引特殊性が高いと、起業の際に大きくその価値を減じることになる。ところが、我が国においてはIT技術者の人的資本が取引特殊的になりやすい構造問題が存在する。1つ目が新旧世代技術の混在である。2018年時点でも8割の企業がレガシーシステムを抱え、うち4割は半分以上をレガシーに依存している（経済産業省、

2018)。そのため旧世代技術にもとづく開発、保守、運用を任せられるIT技術者が少なくない。この背景として、旧世代の技術は安定稼働面で優れていたり、属人性が高く、過剰なカスタマイズなどがなどで複雑化・ブラックボックス化しているなどの理由から新世代への移行はなかなか進んでいないことが指摘される。2つ目は分業生産体制が広く浸透しているため、システムデザイン力を磨く機会に限られる技術者が多いことである⁶⁾。この背景として、(1)IT技術者の間に地域的賃金格差や企業規模別賃金格差が存在すること、(2)受注生産は年間工数変動が大きく、ピークに合わせ要員を抱えると稼働率が低下すること、が指摘される。顧客から直接発注するソリューション会社はシステム企画、設計という上流工程とプログラミングなどの下流工程の双方を担うが、下請けや孫請けを担う企業の技術者は主に下流工程に携わる。

2.2 起業のオプションをもつIT技術者：潜在的起業家

小論では、外生的な不確実性は労働者に起業の準備を促すのか、また大きな不確実性に支配されるIT技術者が潜在起業家となるのにどう影響するか、Dixt and Pyndick (1994)やCopeland and Antikarov (2001)などが確立した、リアルオプション的接近により検討する。

リアルオプション (real options) は、金融市場で発達したコールオプションやプットオプションなどの考え方や評価法をビジネス全般に拡張したアプローチである。金融オプションは株式等の市場取引される資産 (原資産) について、主に上下動によるリスクをヘッジする目的で対価 (オプション料) を支払って入手する派生証券で、将来的に権利行使の方が有利であれば行使するし、それ以外の場合は権利行使しない。このうちコールオプションは株式等の資産を将来、約定価格で買い取ることができる選択権である。プットオプションは株式等の資産を将来、約定価格で売却することができる選択

権である。原資産である株式等の金融商品の売買だけでなく、その派生証券であるコールやプットといったオプション自身も市場取引の対象となっている。そのためにオプションの価値を評価するためにブラック＝ショールズ式をはじめとして様々な評価モデルが提案されてきた。これに対してリアルオプションは管理会計的に経営者などの意思決定を評価する際に用いられ、将来の経営行動を選択権として加味することで、不確実性の下での意思決定をより戦略的に評価できるという利点がある (加藤, 2007)。リアルオプション的接近にもコール型、プット型、さらにハイブリッド型がある。コール型として不確実性解消まで意思決定を遅らせる延期オプション (deferring options)、不確実性解消時に追加投資を行うか否か決める拡張オプション (extension options) などがある。またプット型には不確実性が解消後に事業縮小の決断を行う退出オプション (exit options) などがある。さらにコール並びにプットの双方の要素をもつ複合型として不確実性が解消した時期に2つの資産を交換できる交換オプション (exchange options) がある。

次にリアルオプションの考えに立った、起業の意思決定に関する先行研究について述べよう。McGrath (1999) は起業失敗リスクをリアルオプション的マネジメントによって軽減することを検討している。Power and Reid (2006) は起業家が意思決定をどこまで猶予すべきか待機オプションの視点から検討している。また、O'Brien et al. (2003) は延期オプションの価値についての理論にもとづき、産業間の不確実性の違いが当該産業の起業活動にいかに関与を与えるか、実証的に分析している。さらに、Moussa et al. (2013) は、転職に関して交換オプションを活用し理論化した。従業員が転職オプションを加味した拡張NPV (extended NPV) を最大化するという考えに立ち、不確実性、業界間の収入の格差と最適な転職活動について理論的に分析し、さらに米国労働省のデータで産業間転職と産業内転職について実証分析

している。

小論では交換オプション (exchange options) の枠組みを用いる (図 1 参照)。現職で働き続けることによって得る資産 A (生涯年収の現在価値) と、起業によって得る資産 B (生涯年収の現在価値) を比較し、将来、不確実性が解消した時点で、もし后者が前者を上回れば起業するという選択権を行使する。現時点で、将来のオプションを保持する対価はゼロであるが、起業が可能であるような人的資本を確保するなど一定の条件が整わないとオプションを保持できない。逆に言えば、起業のオプションの価値が高ければ高いほど、多くの IT 技術者がこうした選択権を確保していると考えられることができる。小論は O'Brien et al. (2003) と同じく、リアルオプションの標準的理論にもとづき、実証研究を行ったものである。先行研究と比べ、個々の従業員データにもとづくこと、起業を一つの研究枠組みで扱うこと、交換オプションのモデルを用いること、不確実性のパラメータ化に際し質問調査のリッカート指標を活用していること、などに特徴がある。

2.3 外生的な不確実性は起業を促すのか

交換オプション (exchange options) の枠組みを用いて、外生的不確実性が起業にどのような影響を与えるか、検討しよう。起業や転職は現在の雇用下における人的資産 V_1 と転職・起業した場合の人的資産 V_2 を切替費用 K で交換する交換オプションであると考えられる。交換オプションは将来価値が不確実な 2 つの資産について、両者を 1 度だけ交換する選択権である。交換オプションの価値は Margrabe (1978) により定式化されている。ここでは取引コストを加味した Moore (2001) の修正モデルを用いる。ただし、起業オプション行使後の生涯収入 (資産 B) の価値を V_2 とし、オプションを行使せず現職に継続勤務した場合の生涯年収 (資産 A) の価値を V_1 とする。

まず IT 技術者はオプション価値を加味した生涯収入を、できるだけ大きくしようと行動する。これは、リアルオプション先行研究において、不確実性下の戦略的投資の可否判断は通常の NPV に加えてオプション価値を加味した拡張 NPV (Extended NPV) にもとづくべきという、考え方に沿ったものである。現職の t 年

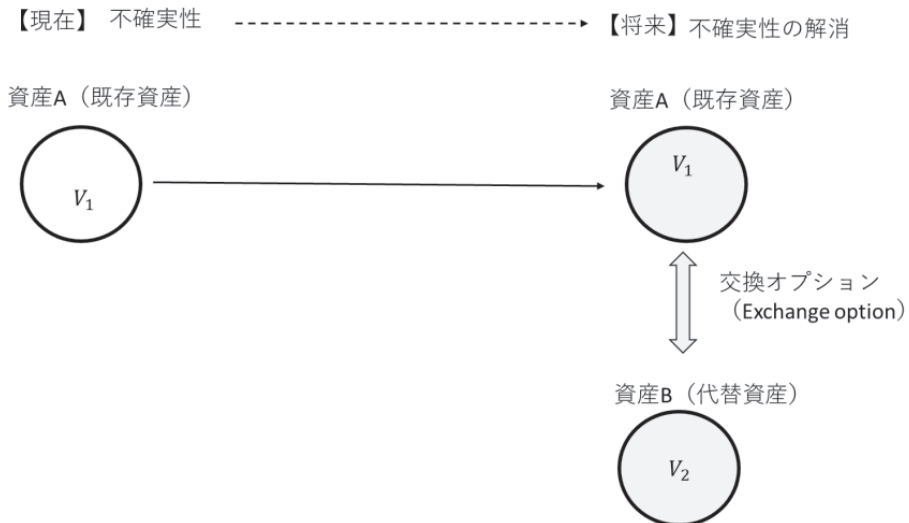


図 1 交換オプション (exchange options)

後の収入のキャッシュフローを CF_t 、起業した場合の t 年後の収入のキャッシュフローを XCF_t 、権利行使時期を x 、割引率 r 、リタイアまでの現役で働く期間 n 、起業・転職に伴う住居費負担増や引越し費用などの切替費用 K としよう。拡張 NPV は次のように表すことができる⁷⁾。

$$Extended\ NPV = \sum_{t=0}^n CF_t e^{-rt} + \max \left[\sum_{t=x}^n XCF_t e^{-rt} - (1+K) \sum_{t=x}^n CF_t e^{-rt}, 0 \right]$$

このとき $\sum_{t=x}^n XCF_t e^{-rt} = V_1$ 、 $\sum_{t=x}^n CF_t e^{-rt} = V_2$ とすると、Margrabe(1978)による交換オプションの価値評価モデルを適用することができる。ここでは Moore (2001) の解説にもとづきみてみよう⁸⁾。オプションの行使しない既存資産(資産 A) の成長率は μ_1 、オプションを行使して得る代替資産(資産 B) の成長率は μ_2 である。また資産 A、資産 B の不確実性(以下ボラティリティ)をそれぞれ σ_1 、 σ_2 とし、統合した不確実性を σ としよう⁹⁾。オプション行使で得る資産 B の価値 V_2 についての微細な変化率 $\frac{dV_2}{V_2}$ 、並びにオプション非行使のときの資産 A の価値 V_1 についての微細な変化率 $\frac{dV_1}{V_1}$ は、不確実性に左右されガウス・ウィナー過程に従う。なお t は経過期間、 z は標準正規分布にもとづく確率変数である。

$$\frac{dV_1}{V_1} = \mu_1 dt + \sigma_1 dz \quad \frac{dV_2}{V_2} = \mu_2 dt + \sigma_2 dz$$

また、2つの資産価値の相関係数を ρ とすると、統合不確実性 σ は次式で示され、個々の不確実性 σ_1 、 σ_2 が大きくなるほど、両者間の負の相関関係が大きいほど大きくなる。

$$\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho\sigma_1\sigma_2$$

ここで拡張 NPV (*Extended NPV*) は、現職における生涯収入の現在価値とオプション価値の和として表すことができる。

$$Extended\ NPV = \sum_{t=0}^n CF_t e^{-rt} + Option\ Value$$

オプション価値は次式で表される。ただし、 $N(d_1)$ 、 $N(d_2)$ は累積標準正規確率密度変数である。また、小論ではオプションを行使できる期間 T は定数とする¹⁰⁾。

$$Option\ Value = V_2 N(d_1) - (1+K)V_1 N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left[\frac{V_1}{(1+K)V_2}\right] + T\frac{\sigma^2}{2}}{\sigma\sqrt{T}} \quad d_2 = \frac{\ln\left[\frac{V_1}{(1+K)V_2}\right] - T\frac{\sigma^2}{2}}{\sigma\sqrt{T}}$$

従って現在の雇用下における生涯収入 V_1 と起業・転職した場合の生涯収入 V_2 を切替費用 K で交換する交換オプションについて、以下の命題を導くことができる。なお起業をする交換オプションは意思決定時点において $V_2 > (1+K)V_1$ の場合に行使される。1つ目にオプション価値は統合不確実性 σ が大きくなるほど増える。2つ目にオプション価値は個々の不確実性 σ_1 、 σ_2 だけでなく、両者の間に負の相関関係があると大きくなる。

2.4 実証研究のためのモデル単純化

これまで交換オプション(exchange options)の枠組みを用いて、外生的不確実性が起業にどのような影響を与えるか検討したが、第4節で述べる実証研究においてデータ入手の制約が出てしまい、モデルを単純化する必要が生じた。すなわち、生涯年収の予測について IT 技術者からデータを入手できなかったため、代わりに技術者の人的資本と勤務先企業のケイパビリティについて検討することにした(図2参照)。ケイパビリティ(capability)という用語は多義的に用いられるが、小論では Teece et al.(1997)が述べる「環境変化に応じて、素早く(技術基盤を)変化させるために必要な企業レベルの競争優位性」(ダイナミック・ケイパビリティ)と同義として捉え、その水準により、機会を生かし脅威を克服できるような無形資産を形成す

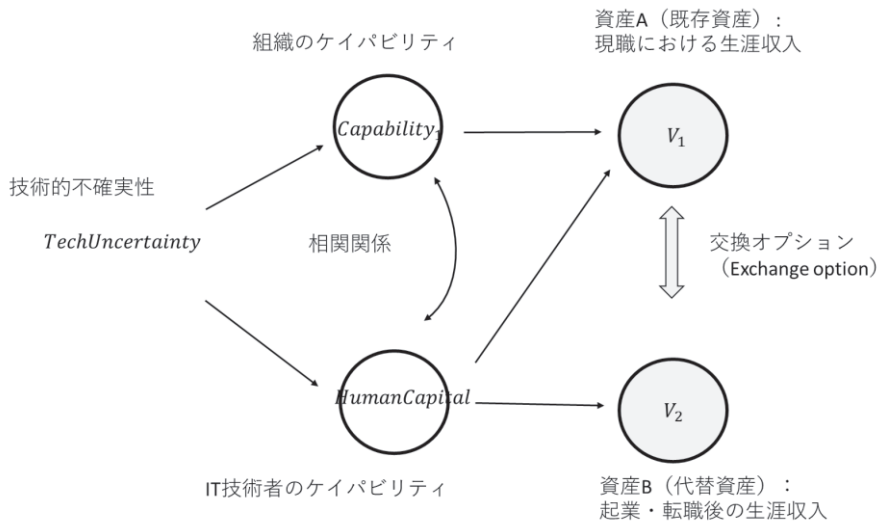


図2 実証研究のためのモデル補正（単純化）：ケイパビリティと人的資本にもとづく分析

ることができるか、収益を上げることができるか、が定まると考える。現職に継続して勤務した場合の生涯年収（資産A） V_1 は、資産 V_1 は所属組織のケイパビリティ $Capability_1$ と、IT技術者の人的資本 HC （スキル・業務知識・人的ネットワーク）に左右される。また起業オプション行使後の生涯収入（資産B） V_2 はIT技術者の人的資本 HC に左右される。ここで単純化のため資産Aの価値 V_1 の不確実性 σ_1 並びに成長率 μ_1 について、所属組織のケイパビリティ $Capability_1$ に関する不確実性並びに成長率と同じとみなす。同様に、資産Bの価値 V_2 の不確実性 σ_2 並びに成長率 μ_2 についてIT技術者の人的資本 HC の不確実性並びに成長率と同じとする。従って統合不確実性 σ 並びに相関係数 ρ は、組織のケイパビリティとIT技術者の人的資本の間のものである。

3 仮説

3.1 起業とIT技術者が直面する脅威・機会

まず Margrabe (1978) 並びに、それを修正した Moore (2001) から次の仮説が導かれる。

仮説1-1：起業オプションを考慮する比率は、

勤務先企業のケイパビリティの不確実性 $Volatility_1$ が高まるほど、また人的資本の不確実性 $Volatility_2$ が高まるほど増える。

さらに $\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho\sigma_1\sigma_2$ であるので、現有する資産Aの価値 V_1 、交換対象の資産Bの価値 V_2 の将来価値の期待値について正の相関係数が高いほど、統合ボラティリティ σ が小さくなり、オプション価値は小さくなる。

仮説1-2：起業オプションを考慮する比率は、勤務先のケイパビリティと自己の人的資産の間の相関係数 $Correl$ について、正值が大きくなるほど小さくなる。

3.2 起業をオプションとして考慮する者の特徴

起業家精神は事業機会探求についての積極性、リスクを恐れない態度などの要素からなる。こうした起業家の特質が現れているか、転職をオプションとして考える技術者対比する。起業を志向するIT技術者は技術革新により生まれる機会 $Opportunity_2$ 自体を重視し、機会と脅威のレンジである不確実性 $Volatility_2$ は重視しないことになる。

仮説2-1：起業オプションを考慮する比率は、

技術革新により生まれる機会 *Opportunity*₂ が高まるほど増える。

また転職の場合、転職先の組織ケイパビリティに依存してオプション行使後の生涯年収 V_2 が変わるが、起業の場合はIT技術者の人的資本が全てで、これが一定の水準にないと生き残るのは難しい。人的資本を技術・スキル *Skill*、業務知識 *Knowledge*、人的ネットワーク *Network* に分ける。

仮説2-2：起業オプションを考慮する比率は、技術・スキル *Skill*、業務知識 *Knowledge*、人的ネットワーク *Network* が豊かなほど、高くなる。

3.3 IT業界の構造問題の影響

第2節で述べた通り、人的資本の取引特殊性が高いと、起業の際にその価値が大きく落ちる。1つ目が旧世代のITスキルで、新技術への転用が効きにくく取引特殊性が高い。2つ目が分業生産体制の問題で、システム設計など重要なIT開発スキルを求められないIT技術者は、上下流のバランスのとれたスキルを習熟していないという点で、やはり取引特殊性が高い。従って、次の仮説が導かれる。

仮説3：下流工程のITスキルのみを持つ技術者 *DownStream* 並びに旧世代のITスキルのみを持つ技術者 *GenerationOld* は起業オプションを考慮する比率が低い。

4 実証研究

4.1 データ並びに手法

全国のIT技術者を対象とした質問調査（マクミル株式会社に委託したインターネット調査）を2014年2月に行った。有効回答数は1032（首都圏371、関西圏155、中京圏83、その他423）で、うち男性91%、女性9%である。

分析方法は、起業オプション、転職オプション、起業または転職のオプションを考慮するかという2値データを被説明変数とするロジスティック回帰分析（SPSS利用）である。強制投入法並びにステップワイズ法を行った。調査時点は

IoT、ビッグデータ、オープン化など、今日に至る情報通信技術革新の端緒が現れた時期にあたる。総務省『2013年情報通信白書』ではスマートフォンの普及やビッグデータ・オープンデータ活用の高まりなど、ICTの新たなトレンドが新たな価値を創造し、ICTと成長に対する期待値を高めつつあると述べている。また「インダストリー4.0（第4次産業革命）」は2013年4月にドイツが国を挙げたプロジェクトとして提唱したものである。

4.2 被説明変数

被説明変数として表2に示すように、*Startup5*（起業を5年以内の選択肢として考える、ダミー変数）、また対比するため *Transfer5*（転職を5年以内の選択肢として考える、ダミー変数）を考える。

表2 被説明変数：IT技術者のオプション保有

	変数	質問内容と操作化
起業	<i>Startup5</i>	5年以内に起業を考えているか、ダミー変数
転職	<i>Transfer5</i>	5年以内に転職を考えているか、ダミー変数

4.3 説明変数(1)：説明変数の全体像ならびに人的資本に関する変数

説明変数は *Volatility*₁（勤務先企業のケイパビリティの不確実性）、*Volatility*₂（技術者の人的資産の不確実性）、勤務先企業のケイパビリティの将来価値の成長率 *Drift*₁、自己の人的資産の将来価値についての成長率 *Drift*₂ とし、勤務先のケイパビリティ変動と自己の人的資産の変動の間の相関係数 *Correl* を考える。ここでは、不確実性に関する変数以外の説明変数の求め方について述べる。まず人的資本については技術・スキル *Skill*、業務知識 *Knowledge*、人的ネットワーク *Network* に分けて操作化する（表3参照）。次に、下流工程のITスキルのみを持つ技術者 *DownStream* については付

表3、旧世代のITスキルのみを持つ技術者 *GenerationOld* については、付表4にそれぞれ記した形でダミー変数を求めた。

またコントロール変数として、性別 *SEX*、生産年齢期間 *WorkYear_Ln* (65歳までの残存年数の対数值)、収入 *Ln_Income* (対数)、理学学歴 *School_Sci* (ダミー変数)、中小企業勤務 *SME* (ダミー変数) をとる。

4.4 説明変数(2)：不確実性の指標化

外部環境 (outcomes of external environment) の不確実性としてITの技術革新を考える。これが資産A (企業のケイパビリティ) V_1 と資産B (技術者の人的資本) V_2 に与えるインパクトに関して、成長率 μ_1, μ_2 、ボラティリティ σ_1, σ_2 、並びに2つの資産価値の相関係数 ρ について次の通り操作化して変数を求める (表4参照)。

質問調査では技術革新項目について、会社並びに技術者個人にとり、どの程度、機会・脅威があるか5段階リッカート尺度で回答を得ている。技術革新項目として新技術全般、クラウド、SaaS、IoT、タブレット化、オープンソース化、スマートフォン進展、という7つの要素にそれぞれ答えてもらう。こうしてIT技術者の所属企業の業績に関して、それぞれの技術革新要素

がもたらす機会 $O_1, O_2, O_3 \dots O_7$ 、並びに脅威 $T_1, T_2, T_3 \dots T_7$ についての認識がわかる。同様にIT技術者自身の将来価値 (人的資産の価値) に関して、各技術革新要素がもたらす機会 $S_1, S_2, S_3 \dots S_7$ 並びに脅威 $W_1, W_2, W_3 \dots W_7$ についての認識がわかる。筆者はこれら回答から成長率 μ_1, μ_2 に相当する $Drift_1$ と $Drift_2$ 、並びにボラティリティ σ_1, σ_2 に相当する $Volatility_1$ と $Volatility_2$ を指標化した。すなわち、資産A (企業のケイパビリティ) V_1 の成長率 $Drift_1$ については $O_1 - T_1, O_2 - T_2, O_3 - T_3 \dots O_7 - T_7$ の平均をとり、ボラティリティ $Volatility_1$ はレンジ $|O_1 + T_1|, |O_2 + T_2|, |O_3 + T_3| \dots |O_7 + T_7|$ の平均をとる。次に資産B (技術者の人的資本) についても成長率 $Drift_2$ は $S_1 - W_1, S_2 - W_2, S_3 - W_3 \dots S_7 - W_7$ から、ボラティリティ $Volatility_2$ はレンジ $|S_1 + W_1|, |S_2 + W_2|, |S_3 + W_3| \dots |S_7 + W_7|$ からそれぞれ求めた。また、外部不確実性がIT技術個人の人的資本と企業のケイパビリティに与える影響の間の相関関係 *Correl* については、機会・脅威の各変数 $o_1, o_2, o_3, o_4, o_5, o_6, o_7, T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6, T_7$ 並びに $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6, W_7$ を対比させ相関係数を考えることにした。さらに、起業と転

表3 IT技術者の人的資本に関する説明変数

変数	質問内容と操作化
スキル <i>Skill</i>	一般技術者が獲得するのに必要な期間、対数
業務知識 <i>Knowledge</i>	一般技術者が獲得するのに必要な期間、対数
人的ネットワーク <i>Network</i>	以下の質問 (リッカート5段階尺度) の合成尺度 ・ 人的ネットワークは広いか。 ・ 取引先関係者から信頼されているか。 ・ 取引先関係者との私的付き合いは多いか。 ・ 社内関係者から信頼されているか。 ・ 企業の枠を超えた技術者同士の勉強会などによく参加するか。 ・ 異業種の方との交流は多いか。 ・ SNS をネットワークづくりに活用しているか。 ・ 大学や高校などの同窓生との交流は多いか。 ・ 地域の情報サービス会社の間で情報交換・自主研修に参加するか。

表4 不確実性の指標化

	機会 (リッカート尺度)	脅威 (リッカート尺度)	成長率 μ_1, μ_2 の指標化	ボラティリティ σ_1, σ_2 の指標化
企業の ケイパビリティ	[技術革新による機会]	[脅威]	<i>Drift</i> ₁	<i>Volatility</i> ₁
	新技術への対応 O_{n1}	コア技術の陳腐化 T_{n1}	$O_{n1} - T_{n1}$	$ O_{n1} + T_{n1} $
	クラウドによる受注機会増 O_{n2}	クラウド技術への対応遅れ T_{n2}	$O_{n2} - T_{n2}$	$ O_{n2} + T_{n2} $
	SaaS などによる受注機会増 O_{n3}	SaaS などへの対応遅れ T_{n3}	$O_{n3} - T_{n3}$	$ O_{n3} + T_{n3} $
	M2M (IOT) の進展 O_{n4}	M2M (IOT) の進展 T_{n4}	$O_{n4} - T_{n4}$	$ O_{n4} + T_{n4} $
	タブレット化の進展 O_{n5}	タブレット化の進展 T_{n5}	$O_{n5} - T_{n5}$	$ O_{n5} + T_{n5} $
	オープンソースの活用拡大 O_{n6}	オープンソース対応遅れ T_{n6}	$O_{n6} - T_{n6}$	$ O_{n6} + T_{n6} $
スマートフォン関連拡大 O_{n7}	スマートフォン対応の遅れ T_{n7}	$O_{n7} - T_{n7}$	$ O_{n7} + T_{n7} $	
IT 技術者の 人的資本	[技術革新による機会]	[脅威]	<i>Drift</i> ₂	<i>Volatility</i> ₂
	技術・スキルの市場価値上昇 S_{n1}	技術スキルの陳腐化 W_{n1}	$S_{n1} - W_{n1}$	$ S_{n1} + W_{n1} $
	クラウドの活用拡大 S_{n2}	クラウド活用拡大 W_{n2}	$S_{n2} - W_{n2}$	$ S_{n2} + W_{n2} $
	SaaS など IT のサービス化 S_{n3}	SaaS など IT のサービス化 W_{n3}	$S_{n3} - W_{n3}$	$ S_{n3} + W_{n3} $
	M2M (IOT) の進展 S_{n4}	M2M (IOT) の進展 W_{n4}	$S_{n4} - W_{n4}$	$ S_{n4} + W_{n4} $
	タブレット化の進展 S_{n5}	タブレット化の進展 W_{n5}	$S_{n5} - W_{n5}$	$ S_{n5} + W_{n5} $
	オープンソースの活用拡大 S_{n6}	オープンソースの活用拡大 W_{n6}	$S_{n6} - W_{n6}$	$ S_{n6} + W_{n6} $
	スマートフォンの活用拡大 S_{n7}	スマートフォンの活用拡大 W_{n7}	$S_{n7} - W_{n7}$	$ S_{n7} + W_{n7} $
技術・スキルの活きる業界成長 S_{n8}	技術・スキルの消滅・縮小 W_{n8}	$S_{n8} - W_{n8}$	$ S_{n8} + W_{n8} $	

職のオプションを比較する場合、技術者の認識する機会し *Opportunity*₂ を機会・脅威から機会のみ取り出して変数化した。

4.5 分析結果

「起業（または転職）をオプションとして考慮するか」という2値データを被説明変数として、ロジスティック回帰分析（強制投入法並びにステップワイズ法）を行った結果、以下の点が確認された¹¹⁾。

第1に起業とIT技術者が直面する脅威・機会に関する仮説の成否を検討する（表5参照）。まず仮説1-1は部分的に支持された。起業オプションを考慮する比率は、勤務先企業のケイパビリティについての不確実性 *Volatility*₁ との有意な関係は示されなかったが、人的資本の不確実性 *Volatility*₂ が高まるほど増える傾向にあることが確認された。被説明変数が *Startup*₅（起業を5年以内の選択肢として考える）だけでなく、*Transfer*₅（転職を5年以内の選択肢として考える）も同じである。これは、現在は自らの人的資産について不確実性が

高い者は、将来、技術の進展によるインパクトがはっきりした時点でオプションを行使したいと考えていると理解される。次に仮説1-2は支持された。起業オプションを考慮する比率は、勤務先のケイパビリティと自己の人的資産の間の相関係数 *Correl* の負値が大きくなるほど高くなることが確認された。被説明変数が *Transfer*₅ の場合も同じである。

第2に起業をオプションとして考慮する者の特徴に関する仮説の成否を検討する（付表1参照）。事業機会の認識については付表2に示すように不確実性指標との相関関係が高いのでこれらを除いてロジスティック回帰分析を行った。まず、仮説2-1は支持された。起業オプションを考える者の比率と、技術革新により生まれる機会 *Opportunity*₂ について有意な関係が確認された。次に、仮説2-2については部分的に支持された。起業オプションを考慮する比率と、技術・スキル *Skill* と業務知識 *Knowledge* についての関係は確認されなかったが、人的ネットワーク *Network* については有意な関係が確認された。

第3に IT 業界の構造問題が起業オプションにどのように関わるか仮説の成否を検討する(付表1参照)。仮説3は支持されなかった。下流工程スキルのみを持つ技術者 *DownStream* 並

びに旧世代 IT スキルのみを持つ技術者 *GenerationOld* のダミー変数と、起業をオプションする者の関連は認められなかった。

表5 ロジステック回帰分析(強制投入法/ステップワイズ法)

被説明変数	ロジステック回帰1.1		ロジステック回帰1.2	
	<i>Startup5</i>		<i>Transfer5</i>	
<i>SEX</i> 性別	-0.073 (0.295)		0.127 (0.239)	
<i>WorkYear</i> 生産年齢期間	0.107 (0.187)		0.428 * (0.170)	0.459 ** (0.154)
<i>Income</i> 収入	0.073 (0.198)		-0.245 (0.170)	
<i>School_Sci</i> 学歴(理系)	-0.163 (0.163)		-0.089 (0.138)	
<i>SME</i> 中小企業勤務	0.142 (0.167)		-0.109 (0.143)	
<i>Skill</i> ITスキル	0.253 (0.138)	0.230 (0.109)	0.090 (0.120)	
<i>Knowledge</i> 業務知識	0.005 (0.138)		0.108 (0.120)	
<i>Network</i> 人的ネットワーク	0.656 *** (0.121)	0.665 *** (0.117)	0.182 (0.100)	0.178 (0.095)
<i>Drift₁</i> 企業ケイパビリティの成長率	0.232 (0.119)	0.193 (0.111)	0.084 (0.099)	
<i>Drift₂</i> 技術者人的資本の成長率	-0.057 (0.111)		-0.048 (0.093)	
<i>Correl</i> 企業ケイパビリティと技術者人的資本の相関係数	-1.013 *** (0.213)	-1.011 *** (0.211)	-0.559 ** (0.177)	-0.545 ** (0.174)
<i>Volatility₁</i> 企業の不確実性	0.105 (0.102)		0.020 (0.087)	
<i>Volatility₂</i> 人的資本の不確実性	0.166 (0.091)	0.220 ** (0.067)	0.248 ** (0.077)	0.259 *** (0.056)
定数	-5.463 ** (1.683)	-4.428 *** (0.513)	-2.562 (1.439)	-3.761 *** (0.632)

注1) () 内は標準誤差。

注2) *** $p < 0.001$ ** $p < 0.01$ * $p < 0.05$ 。

注3) $N=1026$ 。有効回答1032から一部欠損6を除く。

5 まとめと考察

筆者の問題意識は、外生的な不確実性は労働者に起業の準備を促すのか、また大きな不確実性に支配される IT 技術者が潜在起業家となるのにどう影響するか、ということである。そこで、小論では潜在的起業家となる上での不確実性の影響について検討した。潜在的起業家になること、すなわち起業オプションを保持することに関して、交換オプションの枠組みを用い、Margrabe (1978) の理論を適用すると次の命題が得られる。1 つ目にオプション価値は自社統合不確実性 σ が大きくなるほど増える。2 つ目にオプション価値は個々の不確実性 σ_1 、 σ_2 だけでなく、両者の間に負の相関関係があると大きくなる。理論的分析を踏まえ、IT 技術者に関する実証研究を行った結果、以下の点が明らかになった。第 1 に IT 技術者は、人的資本の不確実性が高まるほど、勤務先のケイパビリティと自己の人的資産の間の負の相関係数が大きくなるほど、起業などのオプションを考慮していることが示された。これは、リアルオプションの先行研究から理論的仮説がある程度、あてはまることが示されたことになる。第 2 に起業オプションを考慮する者は人的ネットワークが豊かになるほど比率が上がるが、転職オプションを考慮する者は認められないことが確認された。第 3 に旧世代の開発技術を担当したり、下請作業に当たったりすることと、IT 技術者が起業や転職のオプションを保持すること、との間で有意な関係は確認されなかった。

小論の含意は、多くの IT 技術者が潜在的起業家になること、換言すると起業オプションを保持することが、我が国の IT 革命を促進する可能性があることである。理論価値モデルは、オプションを保持すれば、行使・不行使に関わらず、保持しない場合に比べ生涯収入が多くなる可能性が高いことを示している。多くの IT 技術者の生涯収入が増えることは、我が国全体でみると IT 技術者の生み出す付加価値が大きくなることを意味する。今日の急速な IT 革命

は大きな不確実性をもたらし、理論上、オプションの価値は大きくなるし、IT 技術者の生み出す付加価値も大きくなるだろう。一方で IT 技術者がオプションを確保するためには、どこでも通用するスキル・業務知識・人的ネットワークを蓄積する必要がある。今回は構造問題の影響は確認されなかったものの、社内でしか通用しないスキルや業務知識に止まらず、汎用的な知識や最新技術を学ぶ機会が与えられることが、事業機会探求のため、やはり重要である。

最後に小論の限界と今後の研究について述べる。まず研究の限界として、実証研究においてデータ入手の制約が出てしまい、生涯年収の代わりに技術者の人的資本と勤務先企業のケイパビリティについての実証研究となったことが挙げられる。さらに人的資産に関わる分析の性格上、多くの変数の間に相関関係が生じやすいため、多重共線性を意識した上で分析手法を選択したり、結果を解釈したりする必要があり、多義性が排除されにくい面があることが挙げられる。今後は改善のため、観測可能データによるモデル補正の過程を見直すとともに、ANOVA やパス解析による分析を試みたい。

参考文献

- 岡田悟 (2013). 「我が国における起業活動の現状と政策対応—国際比較の観点から—」『レファランス』2013(1)、pp.4-51.
- 加藤敦 (2007). 『リアルオプションと IT ビジネス』エコノミスト社
- 経済産業省 (2009). 『平成23年度中小企業白書』
- 経済産業省 (2014). 「IT ベンチャーの起業促進に向けた経済産業省の検討状況」
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/IT2/senmon_bunka/sinsangyou/dai5/siryous3.pdf,
 2021年1月31日閲覧
- 経済産業省(2018). 「D X デジタルトランスフォーメーションレポート：IT システム「2025年の崖」の克服と DX の本格的な展開」
<https://www.meti.go.jp/press/2018/09/20180907010/20180907010-3.pdf>,

- 2021年1月14日閲覧
情報処理振興機構・経済産業省 (2002) 「IT スキル標準」
- Amoros, J. E. and N. Bosma. (2014). Global Entrepreneurship Monitor 2013 Global Report, GEM consortium, <http://www.gemconsortium.org/docs/download/3106>, 2020年12月5日閲覧
- Becker, G. (1975). Human Capital, 2nd ed., Columbia Univ. Press, 邦訳『人的資本：教育を中心とした理論的・経験的分析』佐野陽子訳、1976年、東洋経済新報社
- Copeland, T. and V. Antikarov. (2001). Real Options: A Practitioners Guide, Texere 邦訳『リアルオプション』柄本克之監訳、2002年、東洋経済新報社
- Dixt, A. and R. Pyndick. (1994). Investment under Uncertainty, Princeton University press
- Evanse, D. and S. Dean. (2002). “Self-employment as a Career Choice: Attitudes, Entrepreneurial Intentions, and Utility Maximization”, Entrepreneurial Theory and Practice 26(3), 81-90.
- Fishbein, M., and I. Ajzen. (1975). Belief, attitude, intention and behavior. Reading, Addison-Wesley Publishing Company
- Global Entrepreneurship Monitor (GEM). (2020). GEM 2019/2020 GLOBAL REPORT, <https://gemconsortium.org/report/gem-2019-2020-global-report>, 2021年2月1日閲覧
- Lindsay, J. (2005) “Toward a cultural model of indigenous entrepreneurial attitude”, Academy of Marketing Science Review, 2005(5), 1-15.
- Lunnan, A., Nybakk, E., and B. Vennesland. (2006). “Entrepreneurial attitudes and probability for start-ups: An investigation of Norwegian non-industrial private forest owners”, Forest Policy and Economics 8(7), 683-690.
- Magnani, G. and A. Zucchella. (2018). “Uncertainty in Entrepreneurship and Management Studies: A Systematic Literature Review”, International Journal of Business and Management, 13(3), 98-133.
- Margrabe, W. (1978). “The Value of an Option to Exchange One Asset for Another”, Journal of Finance, 33, 177-186.
- McGrath, G. (1999). “Falling Forward: Real options reasoning and entrepreneurial failure”, Academy of Management, Review, 24(1), 13-30.
- Miller, D. (1983). “The correlates of entrepreneurship in three types of firms”. Management Science, 29(7), 770-791.
- Moore, W. (2001), Real options and option embedded securities, 邦訳『リアルオプションと金融デリバティブ』加藤敦訳、2003年、エコノミスト社
- Moussa, K, Hung, N and AD. Ngo. (2013). “Changing Job: A Real option analysis”, International Journal of Business, Humanities and technology, 3(8), 43-52.
- O'Brien, P., Folta, TB. and D. Johnson. (2003), “A real option perspective on entrepreneurial entry in the face of uncertainty”, Managerial and Decision Economics, 24, 515-533.
- Power, B. and G. Reid. (2006). “Test of real options logic by entrepreneurs”, <http://www.realoptions.org/papers2006>, 2021年2月4日閲覧
- Teece, D., Pisano, G., and A. Shuen. (1997). “Dynamic Capabilities and Strategic Management”. Strategic Management Journal, 18(7), 509-533.
- Petrakis, P and D. Konstantakopoulou. (2015). Entrepreneurship under Uncertainty: The Competitive Advantages of Strategic Creativity, Palgrave Macmillan
- Rapp, D. and M. Olbrich. (2020). “On

entrepreneurial decision logics under conditions of uncertainty: an attempt to advance the current debate”, Journal of Innovation and Entrepreneurship 9(21), <https://doi.org/10.1186/s13731-020-00131-7>, 2021年2月4日閲覧

注

- 1) 小論では、資産の将来価値に関する不確実性についてリスクと同義とする。TRQ008「リスク・マネジメント用語—規格において使用するための指針」によると、リスクとは「事象の発生確率と事象の結果の組みあわせ」であると定義している。なお、経済学では意思決定者の信念が一意的確率で表わせない不確実性 (Knight の不確実性) と、一意的確率で表されるリスクを区別することがある。
- 2) EO (Entrepreneurial orientation) とよばれる起業家精神の指標である。
- 3) しかしながら、起業研究において不確実性は重要な役割を果たすことは学界で認識されているにもかかわらず、その扱いは必ずしも系統化されていない (Rapp and Olbrich, 2020)。
- 4) 例えば Petrakis and Konstantakopoulou (2015) は IT による情報利活用を通じ不確実性を減じることが、起業家にとって重要であると指摘している。
- 5) 情報処理振興機構・経済産業省「IT スキル標準」(2002年公表)において、IT 技術者における人的資産の中核はスキル (ビジネス成果を生み出す総合的能力) と定義されている。スキルは、学習することによって一定の範囲で身につく知識を基礎とし、実務経験を重ねて培われる。ス

キルの範疇には、知識並びに技術的な課題発見・解決力のみでなく、コミュニケーション能力、自己コントロール能力など広く社会的経験の中で育まれる資質も含まれる。

- 6) オーダーメイド型ソフトウェアプロダクト型かを問わず、ソフトウェア製作者はシステム開発の成果物を分け、一部または大部分の生産を他者に委託 (請負) することが一般的である。
- 7) オプション的接近では割引現在価値を連続複利ベースの割引率 r とネピア数 e を用いて表わす。
- 8) 邦訳版 (加藤敦訳, 2003) pp.223-225.
- 9) リアルオプションでは不確実性パラメータはボラティリティ (volatility) とよばれる。金融オプションではボラティリティは原資産の連続複利ベースの収益率 (資産価値上昇率) の標準偏差を平均収益率で割った値で表示されるが、リアルオプションでは原資産の予測値の標準偏差を用いることが一般的である (Copeland and Antikarov, 2001)。
- 10) オプション行使期間 T は現在から起業の意思決定を行うまでの猶予期間である。 T が多くなるほどオプション価値は上昇する。小論の仮説構築・実証では5年 (定数) としている。
- 11) ロジステック回帰分析は被説明変数 y 、説明変数 $x_1, x_2, x_3 \dots X_i$ 、係数 $b_1, b_2, b_3 \dots b_i$ 、定数 b_0 として次の式を想定し最尤法により推定する。

$$y = \frac{1}{1 + \exp[-(b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \dots + b_i x_i + b_0)]}$$

P 値は Wald 統計量により求める。また Nagelkerke の R^2 は線型回帰の自由度調整済 r^2 にあたる。

付表1 ロジステック回帰分析（過去3年以内に開発経験のある技術者）

被説明変数	Startup 5	Transfer 5
<i>Skill</i>	0.227 (0.166)	-0.093 (0.148)
<i>Knowledge</i>	-0.201 (0.161)	-0.064 (0.142)
<i>Network</i>	0.722 *** (0.141)	-0.175 (0.117)
<i>Opportunity₂</i>	0.452 ** (0.138)	0.356 ** (0.114)
<i>GenerationOld</i>	-0.394 (0.294)	-0.223 (0.263)
<i>Down Stream</i>	-0.398 (0.267)	-0.281 (0.228)
定数	-3.772 *** (0.642)	-1.219 * (0.523)
Nagelkerke R ²	0.119	0.036
Deviance	690.360	859.611
N	647	647

注1) ()内は標準誤差。

注2) *** p<0.001 ** p<0.01 * p<0.05。

注3) N=647。営業等は除き、過去3年間に開発経験のある技術者に限る。

付表2 説明変数間の相関関係

	<i>Drift₁</i>	<i>Volatility₁</i>	<i>Drift₂</i>	<i>Volatility₂</i>	<i>Correl</i>	<i>Opportunity</i>
<i>Drift₁</i>	1	-0.034	0.435	-0.033	0.107	0.198
<i>Volatility₁</i>		1	0.071	0.727	-0.080	0.645
<i>Drift₂</i>	**	*	1	0.033	0.020	0.541
<i>Volatility₂</i>		**		1	-0.074	0.853
<i>Correl</i>	**	*		*	1	-0.600
<i>Opportunity</i>	**	**	**	**	**	

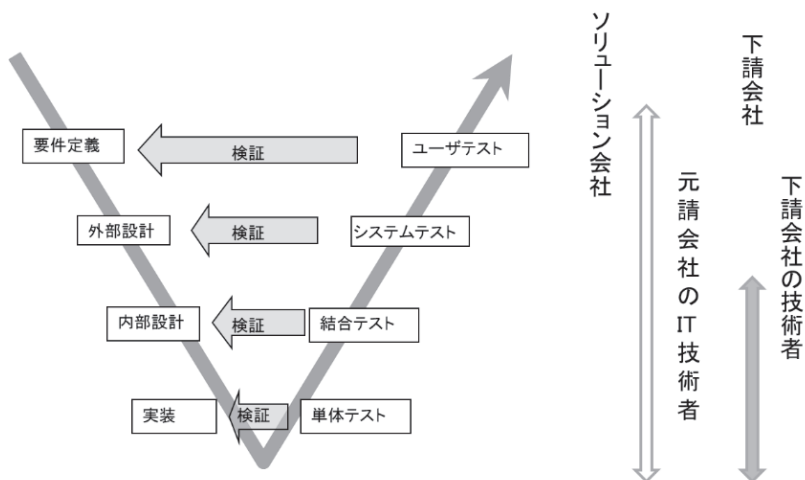
注1) *** p<0.001 ** p<0.01 * p<0.05

注2) N=1031。一部欠損の1サンプルを除く。

付表3 業界構造の変数化1：旧世代技術と新世代技術の併存によるIT技術者のスキル範囲

ダミー変数 GenerationOld	内容と操作化
1 旧世代のIT技術のみを有する技術者	
汎用機、オフコン上でのソフトウェア技術スキルに限られている技術者	アセンブラ（第2世代プログラミング言語）または Fortran, Cobol, BASIC, PL/I, RPG（第3世代プログラミング言語）や SQL（データベース操作言語）の知識を有するが、C言語（第3世代）並びに第4世代プログラミング言語のスキルをもたない技術者
0 新世代のIT技術を有する技術者	
UNIXサーバ、Windowsサーバ、クラウドサーバ、Webサーバのソフトウェア技術スキルを有する技術者	C言語（第3世代プログラミング言語）または Java, PHP, Ruby, Python, VISUALBASIC, JAVASCRIPT, PHP, Ruby, C++, C#, Shell, Perl など第4世代プログラミング言語の知識を有する技術者

付表4 業界構造の変数化2：分業生産体制下でのIT技術者のスキル範囲



ダミー変数 DownStream	内容と操作化
1 下流工程のITスキルのみを持つ技術者	スキルとして業務系/組込み技術系のプログラミング技術のみを持つ技術者
0 総合的なITスキルをもつ技術者	上記以外の技術者