慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	通時的な投資をともなう研究開発における最適な組織形態
Sub Title	Optimal organization in RD with sequential investments
Author	玉田, 康成(Tamada, Yasunari)
Publisher	慶應義塾経済学会
Publication year	2004
Jtitle	三田学会雑誌 (Keio journal of economics). Vol.97, No.1 (2004. 4) ,p.75- 89
JaLC DOI	10.14991/001.20040401-0075
Abstract	本論文は通時的な研究開発プロジェクトにおける最適な組織形態について分析する。研究開発プロジェクトが基礎研究と応用研究の2つのステージを経ておこなわれる場合, 企業が選択し得る組織形態としては両方のステージを1人の研究者に委譲する統合型組織とそれぞれのステージを異なる研究者に委譲する分離型組織がある。企業が直面する問題は(1)基礎研究と応用研究のそれぞれで適切な投資を研究者に実行させる, (2)研究開発プロジェクトを基礎研究の段階で継続・停止するかを決定するために基礎研究の正しい結果を研究者に表明させる, という2つであり, 企業はこの2つの問題を考慮して最適な契約と組織形態を選択する。本論文では, 両方のステージで投資を実行させるためには統合型の組織が望ましいが, 正確な情報を集めるためには分離型組織が望ましい可能性があることが示されている。したがって, 通時的な研究開発のための最適な組織形態は, その2つの効果を比較することによって考察できる。 This study analyzes the optimum organization structure in sequential R&D projects. When R&D projects are executed in two stages, namely, basic research and applied research, there are two structures of organization that a firm can choose from: the first one being an integrated organization where both stages are delegated to one researcher; and the second one being a separated organization where both stages are delegated to separate researchers. The problem that a firm faces is in choosing from two options: (1) to let the researchers execute appropriate investments in the respective basic and applied research; and (2) to let the researcher show the result of the basic research to help decide whether to continue or to stop the project at the basic research stage. The firm chooses the optimum contract and organization structure by considering these two options. This study shows that the integrated organization is more desirable if the goal is to execute investments in two stages, but that a possibility exists that the separated organization is desirable if the goal is to gather accurate information. Therefore, the optimum organization structure for sequential R&D can be assessed by comparing those two effects.
Notes	小特集：経済学の進路
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234610-20040401-0075

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

通時的な投資をともなう研究開発における最適な組織形態
Optimal Organization in R&D with Sequential Investments

玉田 康成(Yasunari Tamada)

本論文は通時的な研究開発プロジェクトにおける最適な組織形態について分析する。研究開発プロジェクトが基礎研究と応用研究の 2 つのステージを経ておこなわれる場合，企業が選択し得る組織形態としては両方のステージを 1 人の研究者に委譲する統合型組織とそれぞれのステージを異なる研究者に委譲する分離型組織がある。企業が直面する問題は(1)基礎研究と応用研究のそれぞれで適切な投資を研究者に実行させる，(2)研究開発プロジェクトを基礎研究の段階で継続・停止するかを決定するために基礎研究の正しい結果を研究者に表明させる，という 2 つであり，企業はこの 2 つの問題を考慮して最適な契約と組織形態を選択する。本論文では，両方のステージで投資を実行させるためには統合型の組織が望ましいが，正確な情報を集めるためには分離型組織が望ましい可能性があることが示されている。したがって，通時的な研究開発のための最適な組織形態は，その 2 つの効果を比較することによって考察できる。

Abstract
This study analyzes the optimum organization structure in sequential R&D projects. When R&D projects are executed in two stages, namely, basic research and applied research, there are two structures of organization that a firm can choose from: the first one being an integrated organization where both stages are delegated to one researcher; and the second one being a separated organization where both stages are delegated to separate researchers. The problem that a firm faces is in choosing from two options: (1) to let the researchers execute appropriate investments in the respective basic and applied research; and (2) to let the researcher show the result of the basic research to help decide whether to continue or to stop the project at the basic research stage. The firm chooses the optimum contract and organization structure by considering these two options. This study shows that the integrated organization is more desirable if the goal is to execute investments in two stages, but that a possibility exists that the separated organization is desirable if the goal is to gather accurate information. Therefore, the optimum organization structure for sequential R&D can be assessed by comparing those two effects.

「三田学会雑誌」97 巻 1 号（2004 年 4 月）

通時的な投資をともなう研究開発における最適な組織形態*

玉　田　康　成

要　　旨

本論文は通時的な研究開発プロジェクトにおける最適な組織形態について分析する。研究開発プロジェクトが基礎研究と応用研究の 2 つのステージを経ておこなわれる場合，企業が選択し得る組織形態としては両方のステージを 1 人の研究者に委譲する統合型組織とそれぞれのステージを異なる研究者に委譲する分離型組織がある。企業が直面する問題は（1）基礎研究と応用研究のそれぞれで適切な投資を研究者に実行させる，(2）研究開発プロジェクトを基礎研究の段階で継続・停止するかを決定するために基礎研究の正しい結果を研究者に表明させる，という 2 つであり，企業はこの 2 つの問題を考慮して最適な契約と組織形態を選択する。本論文では，両方のステージで投資を実行させるためには統合型の組織が望ましいが，正確な情報を集めるためには分離型組織が望ましい可能性があることが示されている。したがって，通時的な研究開発のための最適な組織形態は，その 2 つの効果を比較することによって考察できる。

キーワード

研究開発，基礎研究と応用研究，組織形態，研究開発の停止

1.　はじめに

企業は様々な研究開発プロジェクトを実行しており，それは長期的観点から企業の技術的能力を高めておく基礎研究から，市場での価値実現に直結する応用研究まで多岐にわたるものである。したがって，一口に研究開発プロジェクトといってもその価値実現のためには数多くの段階を経なければならない。従来，日本においては研究開発の多くは企業内でおこなわれ，基礎研究から応用研究までが 1 つの企業の中の研究開発部門で完遂されてきた。それでは，企業は基礎研究と応用研究という性質の異なる研究開発を異なる研究者（グループ）に委譲するべきか，それとも 1 人（1 つ）の研究者（グループ）に委譲するべきなのだろうか。また，最近では日本でも企業と大学などの研究機関との提携による研究開発がおこなわれるようになり，基礎研究を研究機関がおこない，応用

＊　本稿のもととなる研究は 2003 年 12 月の慶應義塾大学経済学部コンファレンスの報告のために準備された。討論者である津曲正俊氏およびコンファレンス参加者からの有益なコメントに感謝する。また報告の機会を与えていただいた大山道広氏に深く感謝したい。なお，本論文は未発表論文である Tamada and Tsai（2004）を要約修正したものである。

研究を企業がおこなうというケースも増加している。これは異なる研究者に性質の異なる研究を委譲していると解釈できる。本論文では，応用研究が成功して初めて研究開発の価値が実現し，また，応用研究での成功は基礎研究の結果に大きく依存しているという通時的な研究開発プロジェクトを考え，その最適な組織形態，統合型組織か分離型組織か，について分析する。

研究開発プロジェクトの実行における 1 つの重要な問題はその技術の専門性である。それにより研究者が研究開発のための投資を適切におこなったかどうかを企業側が評価することは極めて困難であり，典型的なモラル・ハザードの問題が発生しやすい環境にある。さらには，研究開発の成功・失敗の結果についてもやはり企業側による評価は難しい。もちろん，応用研究についてはその成果が価値の実現に直結しているので評価はたやすいであろう。しかしながら，応用研究の成果を大きく左右する基礎研究については，その専門性ゆえに企業による適切な価値判断は困難だといえる。結果として，基礎研究の結果は研究者側の私的情報となり，ここでは典型的なアドヴァース・セレクションの問題が発生する。このように，通時的な研究開発プロジェクトにおいては，モラル・ハザードとアドヴァース・セレクションの 2 つの問題が混在し，企業はその 2 つの問題を考慮して契約や組織形態を決定しなければならない。まず，モラル・ハザードの問題を考慮すると，企業は研究者に対して相応の成功報酬を支払う必要があり，その成功報酬は応用研究から実現した価値にもとづくものである。しかしながら，基礎研究に失敗したならば応用研究に進むよりも研究開発プロジェクト自体を停止したほうが望ましいかもしれない。そして，企業は研究開発プロジェクトの継続・停止を決定するために研究者から基礎研究の結果についての情報を引き出さなければならない。このとき，「失敗」という情報を引き出すためには，研究者に対しプロジェクトの停止にともなう損失を補償する必要があり，その損失はモラル・ハザードを解決するために用意した成功報酬に依存する。研究開発プロジェクトが停止してしまったならば，研究者は成功報酬を受け取ることができない。よって，それを補償するに十分な報酬を用意しない限り，研究者は研究開発を継続するインセンティブをもつ。そして基礎研究は成功したと主張する傾向があるのである。本論文では，組織形態として統合型組織と分離型組織の 2 つを考える。最適な組織形態を決定づけるトレード・オフは「高い投資水準を実現するための費用と効果的な継続・停止の決定のための情報を引き出すための費用」とのあいだに存在している。(1)

契約理論は職務の委譲形態としての組織を分析してきた。しかしながら，多くの分析は静学的なモデルにもとづいたものである。(2) しかし，上記のように研究開発プロジェクトにおいては，基礎研

(1)　近年，Schmitz（2003）も同様の問題を分析している。ただし，アドヴァース・セレクションの問題とプロジェクトの停止については考慮されていない。

(2)　例えば，モラル・ハザードにもとづいた分析としては Ramakrishnan and Thakor（1991）を，アドヴァース・セレクションにもとづいた分析としては Gilbert and Riordan（1995）を参照してほしい。

究と応用研究が通時的におこなわれ，既存の静学的な分析は適切ではない[3]。本論文は通時的な研究開発投資に関するモラル・ハザードの問題と，それに続く基礎研究の結果に関してのアドヴァース・セレクションの問題を同時に分析する。その意味では，Levitt and Snyder（1997）の分析を複数エージェントによる通時的な投資の問題に拡張するものである。

本論文の構成は以下の通りである。2 節でモデルを提示し，3 節で統合型組織と分離型組織のそれぞれについての最適な契約を特徴づけ，その比較をおこなう。4 節では，モデルでは語られていない論点について議論し，5 節で結論を要約する。理論分析についての証明はすべて補論にておこなわれる。

2. モデル

企業における研究開発プロジェクトを考える。プロジェクトは 2 つのステージからなり，第 1 ステージでは応用研究へとつながる基礎研究が，第 2 ステージでは実際の価値（収益）を生み出す応用研究がおこなわれる。プロジェクトは企業（プリンシパル）と研究者（エージェント）によって構成され，企業はただ 1 人の研究者 I と契約を締結するか（**統合型組織**），それぞれのステージのために 2 人の異なる研究者 A および B と契約を締結するか（**分離型組織**）を選択する[4]。また，研究開発に成功した際に実現する価値を V と表記する（$V > 0$）。

第 1 ステージの研究者は基礎研究のための投資（努力）$e_1 \in \{0, 1\}$ を選択する。ここで，研究者にとっての投資費用は $k_1 e_1 (k_1 > 0)$ であり，また企業は投資水準を観察することはできない（モラル・ハザード）。第 1 ステージの結果 x_1 は「成功」（$x_1 = S_1$）もしくは「失敗」（$x_1 = F_1$）である。成功・失敗の確率は研究者の投資に依存し，とくに $x_1 = S_1$ である確率は $q_1(e_1) \in (0, 1)$，$x_1 = F_1$ である確率は $1 - q_1(e_1)$ であるとしよう。ここで，$q_1(1) - q_1(0) = \alpha_1 > 0$ を仮定する。つまり，より高い投資水準（$e_1 = 1$）は研究開発に成功する確率を高めるものである。

次に第 2 ステージの応用研究について考えてみよう。応用研究は基礎研究に従事した研究者 I によっておこなわれるか（統合型組織），もしくは異なる研究者 B によって実行される（分離型組織）。第 2 ステージの研究者は投資（努力）$e_2 \in \{0, 1\}$ を実行し，その費用は $k_2 e_2$（$k_2 > 0$）である。また，第 1 ステージと同様に企業は e_2 を観察することはできない。第 2 ステージの結果は第 1 ステージと同様に「成功」（$x_2 = S_2$）もしくは「失敗」（$x_2 = F_2$）であり，企業は（粗）収益 V を

(3) 通時的な投資問題については，Lewis and Sappington（1997）や Noldeke and Schmidt（1998）を参照してほしい。Rosenkranz and Schmitz（2003）は通時的な投資問題おける最適な組織について，不完備契約のアプローチから分析している。

(4) モデルでは 1 人ないし 2 人の研究者を想定しているが，現実には研究開発は研究者グループやそれを制御する経営者によって研究開発はおこなわれるだろう。したがって，モデルに登場する研究者は研究チームと解釈できる。

$x_2 = S_2$ の場合のみ受け取ることができる。ここで，V（もしくは x_2）は第 3 者も含めて観察可能，かつ検証可能であると仮定する。第 2 ステージにて応用研究に成功する確率は研究者の投資だけでなく第 1 ステージの基礎研究の成果に依存する。ここで，第 1 ステージの結果と第 2 ステージの投資のペア（x_1, e_2）について，$q_2(e_2; x_1) \in (0,1)$ を $x_2 = S_2$ である確率であるとしよう。すると，x_1 が与えられたときに $q_2(1; x_1) - q_2(0; x_1) = \alpha_2 > 0$ が成立すると同時に，e_2 を所与として $q_2(e_2; S_1) - q_2(e_2; F_1) = \gamma_2 > 0$ が成立する。したがって，より高い投資水準と第 1 ステージの成功の双方によって，第 2 ステージの研究開発の質を向上させることができる。注意すべき点として，x_1 は研究開発プロジェクト全体についての中間的なシグナルとしての解釈が可能であることを挙げておく。つまり，基礎研究が成功裏に終わったならば，最終的な価値を獲得する可能性が高くなるのである。しかしながら，ここで，企業は実現した x_1 を観察することができないと仮定する（アドヴァース・セレクション）。すなわち，企業は研究者が生み出した基礎研究の成果を観察することが不可能であるか，もしくは適切な評価をおこなうことができない。それに対し，第 2 ステージの研究者は x_1 の実現値を観察することができる。統合型組織の場合にはそれはもちろん正しく，また，分離型組織の場合には企業が研究開発の継続を決定したあとに，第 2 ステージの研究者 B は x_1 を観察することができる。

企業，研究者ともに危険中立的であるとする。いま，W_j を研究者 $j \in \{A, B, I\}$ に支払われる報酬であるとしよう。すると，分離型組織の場合には研究者 A の効用は $W_A - k_1 e_1$ となり，研究者 B のそれは $W_B - k_2 e_2$ となる。また，統合型組織の場合には研究者 I の効用は $W_I - k_1 e_1 - k_2 e_2$ によって与えられる。ここで，研究者は有限責任によって保護されており，したがって W_j が負の値をとることはないと仮定する（$W_j \geq 0$）。次に，企業の期待利潤を考える。研究開発プロジェクトを最後まで完遂し，かつ成功した場合には企業の利潤は $V - W - K_1 - K_2$ となり，失敗した場合には $0 - W - K_1 - K_2$ となる。ここで，K_t は第 t ステージでの研究開発を実行するために必要な固定費用であり，W は研究者への報酬の総額を意味する。もし，企業が第 1 ステージ終了と同時に研究開発プロジェクトを停止したならば，その利潤は $0 - W - K_1$ となる。いま，$q_2(1; F_1)V - K_2 < 0$ を仮定しよう。つまり，$x_1 = F_1$ ならば，企業の第 1 ステージ終了時点で評価した企業の研究開発プロジェクトによる期待利潤は常に負であり，企業はその時点でプロジェクトを停止することを望む。

第 2 ステージの結果 x_2 が観察可能かつ検証可能なので，企業は x_2 に依存させた形で報酬契約を作成することができる。また，第 1 ステージの結果 x_1 はハード・インフォメーションであり，企業は研究者 A ないしは I に $\tilde{x}_1 \in \{F_1, S_1\}$ を第 1 ステージ末に報告させることができ，$\tilde{x}$ に依存した（表明）メカニズム（$z, W_j^{S_2}, W_j^{F_2}, w_j$）を構築することができる。ここで $z(\tilde{x}_1) \in \{0, 1\}$ は継続（$z = 1$）・停止（$z = 0$）の選択を意味している。[(5)] また，報酬も研究者からの報告に依存可能であ

(5)　第 1 ステージの結果についての情報を収集するためのメカニズムについては，表明原理（Revelation Principle）により，一般性を失うことなく x_1 の真実の実現値を表明させるようなメカニズムに限定

り，$W_j^{S_2}(\tilde{x}_1)$ は研究開発が継続され，かつ，それが V をもたらしたときに研究者 j に支払われる報酬，$W_j^{F_2}(\tilde{x}_1)$ は研究開発が継続されたにもかかわらず失敗に終わった場合の報酬，そして $w(\tilde{x}_1)$ は企業が研究開発プロジェクトを第 1 ステージ後に停止した場合の研究者への報酬であるとする。

タイミングは次のとおりである。

I. 第ゼロステージに企業は研究開発の組織形態を選択し，企業と研究者が契約を締結する。

II. 第 1 ステージに研究者（A もしくは I）が投資（努力）e_1 を選択し，基礎研究の結果 x_1 が実現する。

III. 第 1 ステージの研究者が $\tilde{x}_1$ を報告し，企業は研究開発を継続するか停止するかを決定する。

IV. もし研究開発が継続されたならば，第 2 ステージに研究者（I もしくは B）が投資（努力）e_2 を選択し，応用研究の結果 x_2 が実現する。そして，研究者に対して報酬が支払われる。

3. 研究開発のための最適な組織

上記したように，企業の利潤は研究開発の価値 V から研究者への報酬 W，および研究開発に必要な固定費用 K_1 と K_2 を差し引いたものであり，企業が危険中立的であることからその期待値を最大化するように行動する。このとき，企業は第 1 ステージの基礎研究が失敗に終わった場合には研究開発プロジェクトを停止することが望ましく，さらには研究者のインセンティブをコントロールしなければならない。このとき，企業が選択できる要素は（1）研究者への報酬体系，（2）組織形態，の 2 つである。企業は研究者のインセンティブを適切にコントロールできる範囲で報酬を小さくしようと試みている。このとき，どのような組織形態を選択すれば，より少ない報酬でインセンティブをコントロールできるのだろうか。これが，本論文で問いたい問題である。基本的に，企業が直面するトレード・オフは「研究者に高い投資レベルを実行させるには研究開発が価値を実現させたときに大きな報酬を与えなければならない。しかしながら，研究者は基礎研究に失敗した場合にも，その大きな報酬を求めて研究開発の継続を主張する（基礎研究に成功したと主張する）インセンティブをもつ」という点にある。以下では，「分離型組織」と「統合型組織」のそれぞれを個別に分析し，最後にそれらの比較をおこなうことにする。

3.1 分離型組織

分離型組織のもとでは，それぞれの研究開発のステージごとに異なる研究者が研究開発に従事する。第ゼロステージの時点で企業は各研究者と契約を締結し，その際には（1）研究者の有限責任

することができる。また，企業による確率的な継続・停止の選択は不可能であると仮定している。

制約，(2) 第ゼロステージで評価した参加制約，(3) 高い投資水準を導くためのインセンティブ制約，(4) 第 1 ステージ終了後にその真実の結果を表明させるための真実表明制約，の 4 つの制約を考慮しなければならない。[(6)]

バックワード・インダクションの手法を応用し，まず，研究者 B のインセンティブ制約について考える。ここで，$\tilde{x}_1$ を研究者 A による第 1 ステージの結果についての表明であるとしよう。真実表明制約のもと研究者 A は常に $\tilde{x}_1 = x_1$ を表明し，企業は $\tilde{x}_1 = S_1$ であるときにのみ研究開発プロジェクトを継続する。つまり，

$$z(\tilde{x}_1) = \begin{cases} 1 \text{ if } \ \tilde{x}_1 = S_1 \\ 0 \text{ if } \ \tilde{x}_1 = F_1 \end{cases} \tag{1}$$

が成立する。第 2 ステージに研究者 B が高い投資 $e_2 = 1$ を実行するためのインセンティブ制約は

$$q_2(1; S_1)W_B^{S_2} + (1 - q_2(1; S_1))W_B^{F_2} - k_2 \geq q_2(0; S_1)W_B^{S_2} + (1 - q_2(0; S_1))W_B^{F_2}, \tag{2}$$

もしくは $[q_2(1; S_1) - q_2(0; S_1)][W_B^{S_2} - W_B^{F_2}] \geq k_2$ によって与えられる。いま，$q_2(1; F_1) - q_2(0; F_1) = q_2(1; S_1) - q_2(0; S_1) = \alpha_2$ が成立しているので，インセンティブ制約のもと，研究者 B は第 1 ステージの基礎研究の結果が失敗（$x_1 = F_1$）であった場合にも高い投資を実行する用意があることに注意しよう。

研究者 A については，真実表明制約とインセンティブ制約の 2 つの制約を考慮しなければならない。いま，研究者 B による投資の選択 $e_2 = 1$ を所与として，$\tilde{x}_1$ を報告したときの研究者 A の第 1 ステージ末にて評価した期待効用は

$$EU_A(\tilde{x}_1, x_1) \equiv z(\tilde{x}_1)[q_2(1; x_1)W_A^{S_2} + (1 - q_2(1; x_1))W_A^{F_2}] + (1 - z(\tilde{x}_1))w_A - k_1 e_1 \tag{3}$$

によって与えられる（k_1 はサンクしているので考慮しない）。真実表明制約は研究者 A に真実の x_1 の実現値を表明することを要求し，したがって

$$EU_A(x_1, x_1) \geq EU_A(\tilde{x}_1, x_1), \quad \forall \tilde{x}_1,\ x_1 \in \{S_1, F_1\} \tag{4}$$

と表現することができる。次に，研究者 A についてのインセンティブ制約を検討しよう。2 つの条件 (2) と (4) のもと，研究者 A は真実の x_1 を表明し，$x_1 = S_1$ のときにのみ企業は研究開発プロジェクトを継続する。そして，その場合には研究者 B は高い投資水準 $e_2 = 1$ を実行することにな

(6) もし，投資の費用 k_1 もしくは k_2 が巨額であるならば，企業にとって高い投資水準ではなく低い投資水準を導くことが望ましいかもしれない。ここでは，k_1 と k_2 が V に比して十分に小さい，もしくは投資の効果が十分に大きいと仮定し，そのような可能性は考慮しない。

る。このような将来の事象を予測した研究者 A が $e_1 = 1$ を実行するためのインセンティブ制約は

$$q_1(1)[q_2(1;S_1)W_A^{S_2} + (1 - q_2(1;S_1))W_A^{F_2}] + (1 - q_1(1))w_A - k_1$$
$$\geq q_1(0)[q_2(1;S_1)W_A^{S_2} + (1 - q_2(1;S_1)W_A^{F_2}] + (1 - q_1(0))w_A$$

となる。

企業にとっての問題は，以上の制約を満たす範囲で研究者への報酬を最小化することである。最適な報酬契約は次の補助定理にまとめることができる。

補助定理 1. 企業が研究開発プロジェクトのために分離型組織を選択したとする。そして，企業は $(e_1, e_2) = (1, 1)$ の実行，研究者 A による基礎研究の結果についての真実の表明，そして効率的な継続・停止の決定をコントロールすることを目的としている。このとき，研究者 A に対する最適契約は $(W_A^{S_2}, W_A^{F_2}, w_A) = \left(\frac{k_1}{\alpha_1\gamma_2}, 0, \frac{k_1}{\alpha_1\gamma_2}q_2(1;F_1)\right)$，そして研究者 B に対する最適契約は $(W_B^{S_2}, W_B^{F_2}) = \left(\frac{k_2}{\alpha_2}, 0\right)$ によって与えられる。

研究開発プロジェクトは $x_1 = S_1$ の場合にのみ継続されるので，研究者 A は $\tilde{x}_1 = S_1$ を常に表明する傾向がある。なぜならば，最適契約のもと研究者 B はたとえ $x_1 = F_1$ であっても高い投資水準を実現し，したがって研究者 A が $x_1 = F_1$ のときに $\tilde{x}_1 = S_1$ を報告してプロジェクトを継続させても，$W_A^{S_2}$ をいくばくかの確率 $q_2(1;F_1)$ で獲得することができるからである。結果として，$x_1 = F_1$ の場合に真実を表明させるためには，企業は研究開発プロジェクトを停止した場合の研究者 A への報酬 (w_A) によって埋め合わせをしなければならない。この費用は研究者 A との**コミュニケーション費用**，もしくは研究者 A への情報レントと解釈することができる。

3.2 統合型組織

企業が研究開発プロジェクトのために統合型組織を選択したとしよう。このとき，ただ 1 人の研究者 I が基礎・応用の両方の研究開発に従事することになる。分離型組織の場合と同様に第 2 ステージから検討する。いま，第 1 ステージの結果が $x_1 = S_1$ であり，研究者 I が真実を表明したとしよう。このとき，企業は研究開発プロジェクトを継続することになる。そして，研究者 I が第 2 ステージにて高い投資水準を実行するためのインセンティブ制約は

$$q_2(1;S_1)W_I^{S_2} + (1 - q_2(1;S_1))W_I^{F_2} - k_2 \geq q_2(0;S_1)W_I^{S_2} + (1 - q_2(0;S_1))W_I^{F_2}, \qquad (5)$$

もしくは $\alpha_2[W_I^{S_2} - W_I^{F_2}] \geq k_2$ となる。次に真実表明制約について検討する。企業の継続・停止の決定は $\tilde{x}_1 = S_1$ であるときにのみ $z(\tilde{x}_1) = 1$ である。また，研究者 I は第 2 ステージに $e_2 = 1$ を

実行することに注意すると，x_1 が実現したときに $\tilde{x}_1$ を表明したときの第 1 ステージ末で評価した研究者 I の期待効用は

$$EU_I(\tilde{x}_1, x_1) \equiv z(\tilde{x}_1)[q_2(1; x_1)W_I^{S_2} + (1 - q_2(1; x_1))W_I^{F_2}] + (1 - z(\tilde{x}_1))w_I, \tag{6}$$

となる。よって，研究者 I が $\tilde{x}_1 = x_1$ を表明するための真実表明制約は $EU_I(x_1, x_1) \geq EU_I(\tilde{x}_1, x_1)$ となる。また，研究者 I が高い投資水準を実行するためのインセンティブ制約は

$$\begin{aligned} & q_1(1)[q_2(1; S_1)W_I^{S_2} + (1 - q_2(1; S_1))W_I^{F_2}] + (1 - q_1(1))w_I - k_1 \\ & \geq q_1(0)[q_2(1; S_1)W_I^{S_2} + (1 - q_2(1; S_1))W_I^{F_2}] + (1 - q_1(0))w_I \end{aligned} \tag{7}$$

によって与えられる。

統合型組織のもとでの最適契約は次の補助定理にまとめられる。

補助定理 2. 企業が研究開発プロジェクトのために統合型組織を選択したとする。そして，企業は $(e_1, e_2) = (1, 1)$ の実行，研究者 A による基礎研究の結果についての真実の表明，そして効率的な継続・停止の決定をコントロールすることを目的としている。このとき，研究者 I についての最適契約は $(W_I^{S_2}, W_I^{F_2}, w_I) = \left(\max\left\{\frac{k_1}{\alpha_1\gamma_2}, \frac{k_2}{\alpha_2}\right\}, 0, \max\left\{\frac{k_1}{\alpha_1\gamma_2}\frac{k_2}{\alpha_2}\right\} q_2(1; F_1)\right)$ となる。

統合型組織のもとでは，企業は研究者 I に対しどちらか 1 つのステージで高い投資を実行させるに十分な報酬を与えることが最適となる。実際，もし $\frac{k_1}{\alpha_1\gamma_2} < \frac{k_2}{\alpha_2}$ ならば，研究者 I は第 2 ステージに高い投資を実行するだけでなく，第 2 ステージに獲得できる（期待）レントは第 1 ステージの高い投資を実行させるに十分である（第 2 ステージの成功確率は第 1 ステージの結果に依存することに注意して欲しい）。一方，もし $\frac{k_1}{\alpha_1\gamma_2} > \frac{k_2}{\alpha_2}$ が成立するならば，第 1 ステージのレントは第 2 ステージの高い投資を実行させるに十分である（最終的に成功したときの大きな報酬は，第 2 ステージで成功したときにのみ得られることに注意して欲しい）。したがって，統合型組織のもとでは，企業は 1 つのステージ分だけエージェンシー・コストを節約することが可能となる。ただし，真実表明のための情報レントは，分離型組織の場合とは異なり，第 2 ステージの高い投資を引き出すためのレントに依存する可能性がある。

3.3 分離型組織か統合型組織か

企業が直面するトレード・オフは高い投資を実行させるための費用と継続・停止を決定するためのコミュニケーション費用とのあいだに存在する。一方では企業は第 1 ステージの基礎研究にて高い投資を引き出し，かつ，基礎研究が成功したならば研究開発プロジェクトを継続し，第 2 ステージの応用研究でも高い投資を実現したいと考えている。もう一方では，第 1 ステージの基礎研究が

失敗した場合に研究開発プロジェクトを停止するために，第 1 ステージの結果に関する情報を引き出そうとしているのである。

企業が分離型組織を選択したとする。研究者との最適な（報酬）契約のもとでの期待利潤は

$$q_1(1)q_2(1;S_1)(V - W_A^{S_2} - W_B^{S_2} - K_2) - (1 - q_1(1))w_A - K_1 \tag{8}$$

となり，ここで $(W_A^{S_2}, W_B^{S_2}, w_A)$ は補助定理 1 で与えられる。一方，統合型組織のもとでの企業の期待利潤は

$$q_1(1)q_2(1;S_1)(V - W_I^{S_2} - K_2) - (1 - q_1(1))w_I - K_1 \tag{9}$$

となり，ここで $(W_I^{S_2}, w_I)$ は補助定理 2 で与えられる。期待利潤を比較することにより次の結論を得る。

命題　$\phi = \dfrac{q_2(1;F_1) + \gamma_2 q_1(1)}{q_2(1;F_1)(1 - q_1(1))} > 1$ と定義する。企業は研究開発プロジェクトにおいて

1. $\dfrac{k_1}{\alpha_1\gamma_2}\phi > \dfrac{k_2}{\alpha_2}$ ならば統合型組織を選択し，
2. $\dfrac{k_1}{\alpha_1\gamma_2}\phi < \dfrac{k_2}{\alpha_2}$ ならば分離型組織を選択する。

この命題より，企業が統合型組織を選択するための条件は，(1) 相対的に k_1 が k_2 よりも大きい，(2) 相対的に α_1 が α_2 よりも小さい，(3) $q_1(1)$ が大きい，(4) $q_2(1;F_1)$ が小さい，とまとめることができる。研究者の高い投資を実現するための費用は分離型組織の場合のほうが統合型組織の場合に比べて常に大きい。したがって，高い投資の実行という観点からは統合型組織が優れている。研究開発プロジェクトを効果的に停止するための費用は，第 1 ステージの基礎研究が失敗であったにもかかわらず成功と報告することによって，基礎研究に従事した研究者が獲得できる潜在的な便益（の期待値）を補償することから発生する。潜在的な便益とは，すなわち応用研究が成功した際に得られるレント（報酬）であり，そのレントは研究者が高い投資水準を実現するようにデザインされている。ここで，分離型組織の場合には上記の潜在的便益は第 1 ステージにおける高い投資を実現するためのレントであるが，統合型組織の場合には，第 1 ステージの高い投資を実現するためのレントと第 2 ステージのそれとの大きいほうとなる。いま，もし k_1 が大きい，ないしは α_1 が小さいならば，第 1 ステージの投資のためのレントが大きく，分離・統合どちらの場合でも第 1 ステージのレントにもとづいて停止の際の報酬を支払わなければならない。この場合には，統合型組織が分離型組織よりも常に望ましい。しかしながら，もし k_2 が大きい，もしくは α_2 が小さいならば，第 2 ステージの投資のためのレントが大きくなり，統合型組織の場合には，それにもとづいて停止の際の報酬を支払うことになる。そのような場合には，停止のための費用が統合型組織の場合には巨大となり，企業は分離型組織を選択する。以上の議論は次のようにまとめられる。

1. 分離型組織のもとでは，基礎研究と応用研究のそれぞれの研究者に対し，別個に高い投資を実現するための十分な報酬を支払わなければならない。
2. 統合型組織のもとでは，基礎研究と応用研究とのどちらか一方にて高い投資を実現するための報酬を支払えば，もう一方でも高い投資が実現される。
3. 分離型組織のもとでは，基礎研究での投資に対して支払われる報酬にもとづいて，基礎研究に従事した研究者に対する研究開発プロジェクトを停止した際の報酬が決定される。
4. 統合型組織のもとでは，もし応用研究での投資のための報酬が大きいならば，研究開発プロジェクトを停止した際の報酬もそれにもとづく。
5. 1 と 2 の議論からは統合型組織は分離型組織よりも望ましい。しかし，応用研究での投資のための報酬が大きいならば，統合型組織のもとでは研究開発プロジェクトを停止するための報酬も大きくなり，分離型組織が望ましくなる。

4. さらなる議論

4.1 研究者の評判への関心[7]

これまでの議論では，第 1 ステージの基礎研究の結果 x_1 を企業は観察できないものの，基礎研究に従事した研究者からの報告によってその情報を獲得することができるとしてきた。そして，企業は研究開発プロジェクトの継続・停止をその報告にもとづいて決定することができた。しかしながら，基礎研究の中身が非常に専門的・複雑である場合には，企業側は報告によってもその内容を適切に評価することができず，そもそも研究者とのコミュニケーション自体が成立しない可能性もある。また，分権化が進み，研究開発部門の独立性が増すと，企業側からの介入が困難である場合も考えられる。そのような場合には，基礎研究の結果についての情報は研究者の中にとどめられ，研究開発プロジェクトの継続・停止の決定も研究者自身によっておこなわれることになる。このとき，企業が決定できる要素は（1）最終的な結果 x_2 にのみ依存した報酬，（2）組織形態，の 2 つであり，企業は研究者の投資インセンティブはコントロールできるが，継続・停止の決定はコントロールできなくなる。

それでは，研究者の継続・停止の決定はどのような判断にもとづくだろうか。ここで，1 つの重要な候補として，研究者のもつ「研究者としての評判」を挙げることができる。研究開発に成功するか否かは，研究者による投資（努力）だけではなく，研究者の能力にも大きく依存すると考えることが自然である。しかしながら，研究者の能力は基本的に曖昧なものであり，客観的な評価を下すことはきわめて困難である。むしろ，評判は研究開発に成功したか，最終的な価値の実現に成功

（7） ここでの議論は Tamada（2003）による。

したか，といった事実の積み重ねによって形成されていくものであり，研究者もできるだけ研究開発の成功をアピールしたいと考えるだろう。そのような研究者の評判への関心を考慮すると，第 1 ステージの基礎研究に従事した研究者は，できる限りプロジェクトを継続したいと考えるようになる。少なくとも継続・停止の決定は観察可能なので，継続は基礎研究の成功によるものであると第 3 者が信じている限り，たとえ基礎研究に失敗してもプロジェクトを継続しようとするインセンティブが働くのである。

ただし，第 1 ステージの基礎研究に失敗したにもかかわらず第 2 ステージの応用研究へと進んだならば，応用研究で失敗して最終的な価値を実現することが困難となり，その段階で評判を失う可能性が高くなる。そのように考えると，研究者は応用研究の結果によって得られる評判と，継続・停止の決定によって得られる評判との両方を考慮した上で，意思決定をおこなうことになる。

いま，

- 統合型組織の場合には，第 1 ステージの研究者が第 2 ステージへの継続・停止を決定する。
- 分離型組織の場合には，第 2 ステージの研究者が第 1 ステージの結果を評価して継続・停止を決定する。

と考える。このとき，以下の 3 つの要素が研究者の意思決定を考察する上で重要となる。

1. 継続によってどの程度の報酬が期待できるか。
2. 統合型組織の場合には，研究者 I は継続・停止によってどの程度の評判が得られ，また，応用研究に進むことからどの程度の評判が期待できるか。
3. 分離型組織の場合には，研究者 B は応用研究に進むことからどの程度の評判が期待できるか。

統合型組織から考えてみよう。第 3 者はプロジェクトが第 2 ステージに継続された場合には，第 1 ステージの結果が成功であったと信じていると仮定する。仮に，第 1 ステージの基礎研究に失敗した場合，研究者 I は第 2 ステージに進んだ場合でも応用研究では失敗する可能性が高いことに注意しよう。このとき，研究者 I は継続・停止の決定において，「継続することによる評判の上昇」と「応用研究で失敗することによる評判の低下」，そして「応用研究に進むことでどの程度の報酬が期待できるか」という 3 点を考慮する。それに対し，分離型組織のもとでは，研究者 B は第 1 ステージの基礎的研究が失敗である場合に「応用研究で失敗することによる評判の低下」と「応用研究に進むことでどの程度の報酬が期待できるか」の 2 点を考慮して継続・停止を決定する。このことから，基本的に統合型組織における研究者は分離型組織と比較してより強い継続のインセンティブをもち，結果として過剰な継続をもたらすことが分かる。分離型組織の場合には第 2 ステージに

登場する研究者 B の評判は第 1 ステージの結果に依存しない。ここで，第 1 ステージの結果が失敗である場合に，仮に継続したならば，第 3 者は第 1 ステージの結果は成功だったと信じることになる。しかも，第 2 ステージで成功する可能性は低下しているので，最終的に研究者 B の評判は傷つき，報酬も受け取れない可能性が高い。このような場合には，研究者 B はリスク・責任を引き受けず，むしろ，第 1 ステージの結果が失敗であったことを主張してプロジェクトを停止し，自らの評判を守ろうとする。それに対し，統合型組織の場合には，第 1 ステージでプロジェクトを停止してしまったならば，その時点で研究者 I の評判は低下するので，むしろ継続して挽回のチャンスをうかがうために継続するインセンティブをもつのである。したがって，第 1 ステージの基礎研究の結果についての企業と研究者とのコミュニケーション自体が成立せず，継続・停止の決定が研究者に任される場合には，分離型組織が望ましいと結論付けることができる。[8]

4.2　特許の帰属

これまでの議論では，少なくとも研究者の投資インセンティブについては，企業と研究者とのあいだで締結された契約によってコントロールが可能であるとした。しかしながら，最終的な研究開発の結果 x_2（もしくは V）にもとづいた契約の作成が不可能であるような場合も考えられる。そのような**不完備契約**の世界では，**所有権**にもとづく投資インセンティブが重要となる。[9] 基本的に研究開発の成果の所有権は特許によって保護されており，企業内での研究開発の成果については特許は企業に帰属することが多い。しかしながら，近年の研究開発の成果をめぐる企業と研究者のあいだの対立を見ると明らかなように，実際に研究開発に従事しかつ成功した研究者は，その技術に対して大きな権利を主張することが可能であり，したがって所有権の一部を保有していると考えることができる。

統合型組織か分離型組織かという問題において，統合型組織のもとでは基礎研究と応用研究の双方についての所有権が 1 人の研究者 I に帰属するのに対し，分離型組織のもとでは基礎研究の成果は研究者 A に，応用研究の成果は研究者 B に帰属することになる。したがって，実現した価値 V をめぐる企業との交渉において，統合型組織の場合には企業と 1 人の研究者との 2 者間で交渉がお

---

(8)　ただし，第 1 ステージが失敗に終わった場合，統合型組織の場合には，研究者 I は自らの能力についての自信を失い，第 2 ステージへ継続しても応用研究で成功する可能性は低いと考える。それに対し，分離型組織の場合には研究者 B の能力と第 1 ステージの結果とのあいだにはなんら依存関係が存在しないので，研究者 B はそのような自信の喪失を経験していない。この点から考えると，研究者 B は研究者 I よりも第 2 ステージへと継続するより大きなインセンティブをもつ。本文中で議論した効果よりも，この「自信喪失効果」が大きいならば，研究者 B は過剰にプロジェクトを継続するようになり，統合型組織のほうがより効率的に継続・停止をコントロールできるようになることがある。詳細は Tamada（2003）を参照してほしい。

(9)　不完備契約の世界における所有権アプローチについては，柳川（2000）を参照してほしい。

こなわれるのに対し，分離型組織の場合には企業と 2 人の研究者の 3 者間で交渉がおこなわれる。結果として，分離型組織の場合にはそれぞれの研究者の研究開発投資から得られる便益の期待値が小さくなり，それにともない投資インセンティブも減少する。よって，不完備契約の世界を想定すると，統合型組織のほうが投資インセンティブの観点からは望ましいことが簡単に分かる。ただし，獲得できる便益の期待値が大きいということは，継続のインセンティブが大きくなることを意味しており，効率的な継続・停止の決定という観点からは分離型組織が望ましいことに注意されたい。

5. 結語

本論文では基礎研究と応用研究という 2 つのステージが必要な研究開発プロジェクトにおける最適な組織形態を考察した。ここでは，研究者による投資水準が企業に観察できないという問題（モラル・ハザード）と基礎研究の結果を企業が観察することができないという問題（アドヴァース・セレクション）という問題を同時に考え，それらの 2 つの問題を解決するような報酬契約と組織形態を導出した。得られた結論は以下の 2 点である。(1) 投資水準をコントロールするためには統合型組織が望ましい。(2) 応用開発における投資を引き出すための報酬が大きい場合には，研究開発を基礎研究の段階で停止するために必要な研究者への報酬が統合型組織のもとでは大きくなり，分離型組織が望ましい。

ここでの分析は企業が完備な契約を作成できることに依存している。したがって，議論の重要な方向としては企業が研究者の私的情報を契約によっては獲得できない，もしくは，研究開発の成果に依存した契約を作成できないような状況を考えることがある。前者の場合には，研究開発の継続・停止の決定は研究者にゆだねられ，研究者の評判への関心を考慮すると分離型組織のほうが望ましい。また，研究開発の成果の所有権（特許）の帰属によってのみ研究者のインセンティブがコントロールされる場合には，より高い投資水準を達成するという意味で統合型組織が望ましくなる。

したがって，研究開発をコントロールするための契約がどの程度精緻かということに依存して，最適な組織形態は大きく変化することが分かる。現実の経済において研究開発はそのスピードと数の増加，所有権に関する議論の双方において重要性を増している。本論文の議論は研究開発における組織形態のあり方について，その情報の正確さ，専門性に依存した形で 1 つの指針を与えるものである。

（経済学部助教授）

補　　論

補助定理 1 の証明. 研究者 B が高い投資水準を実行するためのインセンティブ制約は $[q_2(1;S_1) - q_2(0;S_1)](W_B^{S_2} - W_B^{F_2}) \geq k_2$ と書き換えることができる。いま，有限責任制約のもと，参加制約は常に満たされることに注意しよう。 したがって，研究者 B のための最適契約は $W_B^{F_2} = 0$ と $W_B^{S_2} = \frac{k_2}{q_2(1;S_1)-q_2(0;S_1)} = \frac{k_2}{\alpha_2}$ によって与えられる。

一方，研究者 A からの真実表明を引き出すためには，

$$q_2(1;S_1)W_A^{S_2} + (1-q_2(1;S_1))W_A^{F_2} \geq w_A,$$

$$w_A \geq q_2(1;F_1)W_A^{S_2} + (1-q_2(1;F_1))W_A^{F_2}$$

の 2 式が要求される。いま $q_2(1;S_1) > q_2(1;F_1)$ より，$W_A^{S_2} \geq w_A \geq W_A^{F_2}$ が満たされなければならない。よって，連続性より，$\hat{q}W_A^{S_2} + (1-\hat{q})W_A^{F_2} = w_A$ であるような $\hat{q} \in [q_2(1;F_1), q_2(1;S_1)]$ が存在する。さらに，研究者 A のためのインセンティブ制約は

$$\begin{aligned} &q_1(1)\left[q_2(1;S_1)W_A^{S_2} + (1-q_2(1;S_1))W_A^{F_2}\right] + (1-q_1(1))\left[\hat{q}W_A^{S_2} + (1-\hat{q})W_A^{F_2}\right] - k_1 \\ &\geq q_1(0)\left[q_2(1;S_1)W_A^{S_2} + (1-q_2(1;S_1))W_A^{F_2}\right] + (1-q_1(0))\left[\hat{q}W_A^{S_2} + (1-\hat{q})W_A^{F_2}\right] \end{aligned}$$

となる。明らかに $W_A^{F_2} = 0$ が最適なので， インセンティブ制約は

$$q_1(1)q_2(1;S_1)W_A^{S_2} + (1-q_1(1))\hat{q}W_A^{S_2} - k_1 \geq q_1(0)q_2(1;S_1)W_A^{S_2} + (1-q_1(0))\hat{q}W_A^{F_2}$$

と書き直すことができる。したがって，

$$W_A^{S_2} = \frac{k_1}{(q_1(1)-q_1(0))(q_2(1;S_1)-\hat{q})}$$

を得る。$W_A^{S_2}$ を最小化するために，企業は $\hat{q} = q_2(1;F_1)$ を選択し，$W_A^{S_2} = k_2/\alpha_1\gamma_2$，$W_A^{F_2} = 0$，および $w_A = q_2(1;F_1)W_A^{S_2}$ を得る。 □

補助定理 2 の証明. 統合型組織のもと，第 2 ステージで高い投資を実行させるためのインセンティブ制約は $\alpha_2[W_I^{S_2} - W_I^{F_2}] \geq k_2$ となる。さらに，真実表明制約は

$$q_2(1;F_1)W_I^{S_2} + (1-q_2(1;F_1))W_I^{F_2} = w_I$$

を要求する。これらを所与とすると，第 1 ステージの投資のためのインセンティブ制約は

$$\begin{aligned} &q_1(1)[q_2(1;S_1)W_I^{S_2} + (1-q_2(1;S_1))W_I^{F_2}] + (1-q_1(1))[q_2(1;F_1)W_I^{S_2} + (1-q_2(1;F_1))W_I^{F_2}] - k_1 \\ &\geq q_1(0)[q_2(1;S_1)W_I^{S_2} + (1-q_2(1;S_1))W_I^{F_2}] + (1-q_1(0))[q_2(1;F_1)W_I^{S_2} + (1-q_2(1;F_1))W_I^{F_2}] \end{aligned}$$

となる。やはり $W_I^{F_2} = 0$ が成立し，したがって，両ステージで高い投資を実現するためには

$$W_I^{S_2} = \max\left\{\frac{k_1}{\alpha_1\left(q_2(1;S_1)-q_2(1;F_1)\right)}, \frac{k_2}{\alpha_2}\right\} = \max\left\{\frac{k_1}{\alpha_1\gamma_2}, \frac{k_2}{\alpha_2}\right\},$$

が成立する。 □

参 考 文 献

Gilbert, R., and M. Riordan (1995), "Regulating Complementary Products: A Comparative Institutional Analysis", *RAND Journal of Economics* 26, 243-56.

Levitt, S. D., and C. M. Snyder (1997), "Is No News Bad News? Information Transmission and the Role of "Early Warning" in the Principal-Agent Model", *RAND Journal of Economics* 28, 641-661.

Lewis, T. R., and D. Sappington (1997), "Information Management in Incentive Problems", *Journal of Political Economy* 105, 796-821.

Noldeke, G., and K. Schmidt (1998), "Sequential Investment and Option to Own", *RAND Journal of Economics* 29, 633-653.

Ramakrishnan, R., and A. Thakor (1991), "Cooperation Versus Competition in Agency", *Journal of Law, Economics, and Organization* 7, 248-283.

Rosenkranz, S., and W. Schmitz (2003), "Optimal Allocation of Ownership Rights in Dynamic R&D Alliances", *Games and Economic Behavior* 43, 153-173.

Schmitz, W. (2003), "Allocating Control in Agency Problems with Limited Liability and Sequential Hidden Actions", mimeo.

Tamada, Y. (2003), "Separation versus Integration in Sequential Investment Problem with Agent's Career Concern", mimeo.

Tamada, Y. and T.-S. Tsai (2004), "Optimal Organization in a Sequential Investment Problem with the Principal's Cancellation Option", mimeo.

柳川範之 (2000),『契約と組織の経済学』, 東洋経済新報社。