The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	R&Dストックの減耗率 : 日本の「医薬品」, 「電機」の財務諸表データを用いた実証分析
Author(s)	酒井, 博司
Citation	大阪大学経済学. 2013, 63(2), p. 26-49
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/57010
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

R&Dストックの減耗率

― 日本の「医薬品」,「電機」の財務諸表データを用いた実証分析* ―

酒　井　博　司†

要　約

研究開発（R&D）は，企業のみならず一国経済にとっても重要な生産要素である。それゆえ，R&Dの効果を的確に把握することの必要性は高く，そのためには，R&Dストック系列が適切な形で構築されなければならない。しかし，日本の企業を対象として，R&Dの減耗率自体に着目し，業種間差異等に留意しつつ推計を行った研究は数少ない。

本稿は，R&D集約度の高い2業種（医薬品，電機）を対象に，最新の財務諸表データを用いパネルデータを作成し，3種の分析方法によりR&Dストックの減耗率を計測するものである。推計結果からは，一定の条件のもと，「医薬品」は約20％，「電機」は約25％と，従来の研究結果より，やや高めのR&D減耗率が得られた。また，統計的検定により，「医薬品」と「電機」のR&D減耗率には差があることも判明した。本稿で得られた推計結果を活用することにより，各種のR&D効果分析が可能になると考えられる。

JEL Classification: O30, C23

キーワード: R&D, R&Dストックの減耗率, 医薬品, 電機, Multiple q

1. はじめに

高齢化が急速に進展する中，経済成長に貢献する要因として「技術進歩」への期待は強い。「技術進歩」は後藤ほか（1986）の指摘にもあるとおり，組織的な研究開発（R&D）活動から生み出される。それゆえ，R&D投資，および，それにより構築されるR&Dストックは，企業の生産性上昇や収益向上の要因となっている。

例えばGrilliches（1986）は，主要な米国企業のR&D投資のデータを分析することにより，R&D投資が企業の生産性の上昇に寄与していることに加え，R&D投資の収益率が極めて高いことを示した。また，Bernstein（1989）は，スピルオーバー等の外部性があるR&Dストックの収益率は物的資本の収益率の2.5～4倍にも達するとして，企業のみならず一国の経済にとってR&Dストックは重要な生産要素であることを明らかにしている。よって，R&Dストックを的確に把握した上で，その効果を多面的に測定することは，企業のR&D戦略や

* 本稿の作成に当たり，京都大学経済研究所の照山博司教授から詳細にわたりご指導，ご助言をいただいた。ここに記して感謝したい。なお，残された誤りは全て著者に帰するものである。

† 大阪大学大学院経済学研究科客員教授。㈱三菱総合研究所政策・経済研究センター長，主席研究員。

国のR&D施策を検討する際に必要な条件である。そして，効果を的確に把握するためには，R&Dストック系列を適切な形で構築することが前提となる。Hall, Mairesse, and Mohnen（2010）が指摘するとおり，大半の先行研究においては，

$$K_{R,t+1} = (1-\delta)K_{R,t} + R_t \qquad (1)$$

という恒久棚卸法により，R&Dストックの構築がなされている[1]。ここで$K_{R,t}$はt期初のR&Dストックであり，R_tはt期の企業のR&D投資（フロー），δはR&Dストックの減耗率である。先行研究においてはGriliches and Mairesse（1984）をはじめ，多くの研究において「δ = 15 %」の値が慣例的に採用されてきた[2]。しかし，この値が国や業種に関わらず同一であるとみなすことには疑問が残る。

R&Dストック系列を適切な形で構築するには，的確なδの設定[3]が重要である。また，後藤ほか（1986）の指摘にあるように，「R&Dの減耗率」は，技術進歩の速度をある程度反映していることもあり，単にR&Dストック系列を作成する際に必要ということにとどまらず，それ自身で興味深いデータにもなる。しかし，日本の製造業におけるR&D減耗率自体に着目し，一定の方法のもとで業種間差異等に留意しながら推計した研究は数少ない。

本稿は一連の関連する先行研究を踏まえ，今までわずかな分析しかなされてこなかった日本の「R&D集約度の高い産業（医薬品，電機）」[4]のR&D減耗率につき，財務諸表により作成したパネルデータを用いつつ複数の観点から推計し，その比較を行いつつ実証的に解明することを試みる。さらに，得られた結果を用いることで，より的確なR&Dの効果分析が可能となり，それが企業や国の有効なR&D施策の実現に役立つことを目指している。

本稿の構成は以下のとおりである。2節においては，R&D減耗率推計に関する先行研究を整理し，今回，応用する方法につき検討する。3節では，2節において検討した推計方法を応用し，実際に日本の製造業（医薬品，電機）のデータを適用することにより，R&D減耗率の推計を試みる。そして，各方法による推計結果を比較するため，統計的検定を行う。4節においては，結論と今後の方向性につき展望する。

2. R&D減耗率推計に関する先行研究

新たな知識が生み出され，既存の技術が生産過程に用いられなくなることにより，R&Dストックは陳腐化する。その陳腐化の度合いであるR&D減耗率を計測するには，複数の考え方がある。以下においては，R&D減耗率を推計する主たる先行研究を紹介する。

(1) サーベイ調査から減耗率を外生的に与える方法

R&Dストック系列を作成するには，企業の

[1] 物的資本ストック系列を構築する場合も考え方は同様である。

[2] なお，後に紹介するR&D減耗率を推計した各種先行研究の結果が，ほぼ10 %～30 %程度のレンジに入るゆえ，δ = 15 %と置いても問題が小さいとみなされているのではないか，との解釈もある（Hall, Mairesse, and Mohnen（2010））。

[3] Pakes and Schankerman（1984）およびGoto and Suzuki（1989）が指摘するように，時間とともに知識が伝播することに伴いR&Dを行った企業の収益は急速に低下するため，R&Dストックの減耗率は物的資本の減耗率よりも高い，とみることができる。

[4] 「R&D集約型産業」として，売上高に占めるR&D比率の高さを選択基準として，医薬品，電機の2業種を選択した。具体的な数値については付録1を参照。なお，「医薬品」に関しては，Scherer（2010）が指摘するとおり，新薬の開発にあたりR&D投資は不可欠であり，R&D対売上高比率が他産業と比べて極めて高いことが産業としての特徴となっている。また，Branstetter and Nakamura（2003）による，多くの日本の産業においてR&D生産性が低下する中で，1990年代以降も80年代と変わらぬR&D生産性を示したのは「電機」のみであるとの指摘も「電機」を選択した理由の一つである。

R&D投資が成果として生産活動に用いられるまでのラグ（θ）[5]と，R&Dの減耗率（δ）が必要である。後藤ほか（1986）においては，科学技術庁が1985年に，資本金10億円をこえる民間企業を対象としたアンケート調査（昭和60年「科学技術白書」）から業種ごとの特許の「平均寿命」[6]を得て，その逆数を以て減耗率とみなしている[7]。それによれば，たとえば「医薬品」は10.0％（特許平均寿命10.0年），「電気機械器具」は12.9％（同7.74年），「通信・電子・電気計測器」は14.5％（同6.92年）等となっている。Goto and Suzuki（1989）においては，こうして得られたR&D減耗率を用いて，R&Dストック系列を作成している。

なお，後藤ほか（1986）およびGoto and Suzuki（1989）は，この方法を採用する際の留意点として，各種データ入手可能性に伴う制約[8]を挙げている。

(2) 特許更新データから減耗率を推定する方法

特許更新データを活用し，R&Dストックの減耗率を計測する方法は，Bosworth（1978）により提示され，後藤ほか（1986）やPakes and Schankerman（1984）においても減耗率計測のための一つの方法として検討されている。近年では，同方法を参考として，日本政策投資銀行（2005）が日本企業を対象としたR&D減耗率の推計を試みている。

R&D投資は特許権として具現化される。そして，特許権を維持するためには，特許料を毎年支払う必要がある。特許料を支払ってまで特許権を維持する価値がないと判断されれば，特許権の消滅が選択される。この関係は，例えば日本の場合，

$$\ln\left(P_{t+3}/P_3\right)=\alpha+\beta t \qquad (2)$$

であらわすことができる。ここで，P_{t+3}は$t+3$年次に残存している特許数であり，βは減耗率である。ここでP_3を基準としているのは，日本においては特許料支払いの関係により，当初3年間はほとんど特許が消滅しないことによる[9]。

この方法は，基本的に特許が時間の経過とともにどのように減少していくか，という点からR&Dの減耗率を求めるものである。それゆえ，毎年登録設定される特許の推移をみていく必要がある。日本の場合，特許法で定められる特許権の保護期間は20年であるが，ほとんどの特許が保護期間満了前に消滅していることから，日本政策投資銀行（2005）は15年間分の残存率データ[10]を得て，特許登録設定年ごとに分析を行っている[11]。

それぞれの分析結果をみると，英国の1930～40年代の特許データから推計したBosworth（1978）はR&Dの減耗率を10％～15％，1960年代の日本の特許データを用いた後藤ほか

---

5 後藤ほか（1986）は，過去に支出されたR&D投資が分布ラグを経て当期に成果として結実するとみるが，分布ラグについての適切な情報が入手できないため，実際の推計では平均ラグを用いるとしている（平均ラグ期に一気に成果として結実する）。なお，後にみるLev and Sougiannis（1996）は，Almon lagを仮定して推計を行っている。

6 社外から特許収入の得られた期間または技術を適用した商品の収益が得られた期間，としている。

7 R&Dストックは毎年均等にその量を減じていくものと仮定している。なお，日本政策投資銀行（2005）は，減耗率を推計した結果から技術寿命を算出している。その際，単なる逆数として求めるのではなく，陳腐化に伴う技術の残存価値を原価の10％と仮定し，減耗率βと技術寿命nに，$n=\ln(0.1)/\ln(1+\beta)$の関係が成り立つとしている。

8 この種のサーベイ調査が適宜行われているか，という点に加え，回答企業の構成等により偏りが生じることが考えられる。

9 英国では当初4年であり，英国の特許データを用いたBosworth（1978）においては，その点も考慮されている。

10 英国の事例を扱ったBosworth（1978）は12年間分のデータを用いている。

11 日本政策投資銀行（2005）は，当時で15年間分の残存率データを得ることができる1988年（特許設定年）までの推計となっており，Bosworth（1978）は1965年までの推計を，特許登録設定年次ごとに行っている。

（1986）は7%～10%，同じく日本の1980年代の特許データを用いた日本政策投資銀行（2005）は13％～22％（以上，各年の推計）となっている。なお，同じ方法論であるが，欧州諸国の10年間（1930年代）のプーリングデータを用いたPakes and Schankerman（1984）では，R&Dの減耗率は25％との結果を得ている。

この方法論を用い，より直近の減耗率を推計すると，日本政策投資銀行（2005）の結果とほぼ同じ13％～22％となり，プーリングデータを用いた場合は18％となった（詳細は補論1を参照）。

なお，本方法に関しては，先の（1）のサーベイ調査と異なり，特許統計は全ての特許が対象となっている点で，バイアスは発生しにくいとの利点はある。しかし，いくつかの問題点もある。第一に，日本政策投資銀行（2005）の指摘にもあるように，特許化された技術のみが対象とされているため，それ以外のR&Dの成果は考慮されない[12]ことが挙げられる。また，Pakes and Schankerman（1984）が指摘するとおり，特許を基盤とするイノベーションと，その他のイノベーションでは減耗率が異なっている可能性があり，サンプルセレクションバイアスの存在が想定される[13]。第二に，特許権の維持は，特許や企業の性格により左右される。それゆえ，時とともに特許の性質や特許を取得した企業構成が異なる場合は，特許の残存率にも影響がおよぶことが考えられる。第三に，特許料の問題を指摘できる。Goto and Suzuki（1989）にもあるとおり，日本の場合は特許更新料が低いため，既に潜在的価値が認められない特許も更新されやすい傾向にあるとした。一方，後藤ほか（1986）は，所有特許数の多い企業が全ての特許権更新の判断を行うことに要する膨大なコストから，一件ごとに判断・決定されず，実際は陳腐化が進んでいる特許も維持される傾向にあることを指摘している。上記の留意点はいずれも，推計された減耗率は実際の減耗率よりも低く，下方バイアスがかかっている可能性を示唆する。また，本方法においては，特許自体をR&Dストックとみなし，特許の残存率を以てR&Dストックの減耗率と考えている点にも注意が必要[14]である。さらに，本来であれば，それぞれ異なる潜在価値を持つ各特許の価値を一律であるとみなしており，その背景にあるR&Dの価値を的確に反映していない点も問題点として指摘できる。

(3) R&Dと物的資本投資の収益率一致条件を用い減耗率を推定する方法

Pakes and Schankerman（1984）は，R&Dストックと物的資本の収益率が一致する条件からR&Dの減耗率を推定する方法を提示した。具体的には，期待収益率（もしくは暗黙の割引率）をr，δ_cを物的資本の減耗率とすると，1単位の物的投資のリターンは$1+r+\delta_c$となる。一方，R&D投資の平均タイムラグをθ年として，R&Dストックの減耗率をδとすれば，1単位のR&D投資のリターンは$(r+\delta+1)(1+r)^{-\theta}$となる。つまり，

$$(r+\delta+1)(1+r)^{-\theta}=(r+\delta_c+1) \tag{3}$$

が成り立っている。Pakes and Schankerman（1984）においては，Griliches（1980）からδ_C=0.06，r=0.08という数値を得て，θ＝2（年）の場合はR&Dの減耗率δ=25%が計算されるとした。そし

[12] ただし，後藤ほか（1986）の指摘にあるように，特許化されていない技術知識が，特許化されたものと同じように陳腐化すると仮定できるのであれば問題は少ないとも考えられる。

[13] Pakes and Schankerman（1984）は，特許更新データから推計した減耗率には下方バイアスがあるとした。特許が取得される事例は，特許取得により減耗率が低下する場合に限られる，というのがその理由である。

[14] 特許が更新されなければ，特許の価値はゼロとなる。その意味では，「減耗確率」を「減耗率」とみなしている。

てこの結果は，同論文において欧州の特許データから推計した減耗率の計測結果とも一致している。

なお，この方法を採用する問題点は，外生変数となる期待収益率（暗黙の割引率）r，物的資本の減耗率δ_c，R&D投資のタイムラグθに適切な値を設定できるかという点にある。特に期待収益率（暗黙の割引率）rについては，ROA（資産収益率）を基準とすることが考えられるが，ROAには，「事業利益/総資本」や「当期利益/総資本」等，複数の考え方があり，業種や企業により想定とする基準に差があることも考えられる。

(4) R&Dと物的資本投資の限界市場価値一致条件を用いR&D減耗率を推定する方法

Hall（2007）はR&Dストックと物的資本の限界市場価値が一致[15]する条件からR&Dの減耗率を推定している（具体的な方法については，3-2および補論2参照）。先にみた「R&Dと物的資本投資の収益率一致条件を用いたR&D減耗率の推定」方法も，R&Dストックと物的資本の最適化を満たしている[16]が，Hall（2007）の方法は，市場の評価を考慮に入れていることから，よりフォワードルッキングな方法であるとみなすことができる。

参考までにHall（2007）による米国製造業を対象としたR&D減耗率の業種別推計結果をみると，全期間（1974年度～2003年度）で医薬品は14.9%，電機は35.7％となっている。

この方法においても（3）と同様，物的資本ストックの減耗率や，R&Dのタイムラグ等，適切な外生変数を設定することが可能か，という点に留意する必要がある。ただし，ある程度信頼できる数値を得ることができさえすれば，一定の仮定のもとで，基準となるR&D減耗率を推定することが可能である。

(5) R&D投資の営業利益[17]への寄与度推移からR&D減耗率を推定する方法

Lev and Sougiannis（1996）は，各企業の営業利益が，有形資産，広告支出，および現在および過去のR&D支出により決定されると考えた。具体的には，OI_{it}を営業利益，S_{it}を売上高，$TA_{i,t-1}$を有形資産，$RD_{i,t-k}$を年次のR&D支出，kをラグ（推計により有意となる期間を決定）），$AD_{i,t-1}$を年次の広告支出として，

$$\left(OI_{it}/S_{it}\right)=\alpha_0+\alpha_1\left(TA_{i,t-1}/S_{i,t}\right)+\sum_{k=0}^{N}\alpha_{2,k}\left(RD_{i,t-k}/S_{i,t}\right)+\alpha_3\left(AD_{i,t-1}/S_{i,t}\right)+e_{it} \tag{4}$$

という関係が成り立つとした。なお，ここで売上高により両辺を除しているのは不均一分散の問題に対処するためである[18]。

なお，上記（4）式をもとにR&D減耗率を検討するに際しては，いくつかの前提が必要となる。第一に，説明変数としてラグ期間分のR&D支出を入れ最小二乗法を行うと，多重共線性の問題が生じる。そのため，Almon lagによりラグ付説明変数の係数につき制約を課すことで対処されている。第二に，毎期のR&D減耗率の計測につき，Lev and Sougiannis（1996）は，R&Dのパラメータである$\alpha_{2,k}$を用い，以下のように計測できるとした[19]。

$$\delta_k=\frac{\hat{\alpha}_{2,k}}{\sum_k \hat{\alpha}_{2,k}} \tag{5}$$

なお，この方法を採用するに際し，R&Dのラグ期間を如何に設定するか，という点が問題

[15] R&Dストックと物的資本の潜在的な限界価値（シャドウ・バリュー）は，最適化条件のもとで一致する。

[16] なお，R&D投資は企業内の判断により決められるが，スピルオーバー等を含めた社会的なR&D収益率を考えた場合，社会としてみた最適なR&D投資はより多くあるべきとの見方もある（Jones and Williams（1998））。

[17] 売上総利益（売上高－売上原価）－販売費および一般管理費。

[18] 同種の推計を行っている劉（2005）は対数を取ることにより対処している。

[19] 補論3参照。

となる。廣松ほか（1988）においても指摘されるとおり，推定結果の比較から真のラグの長さを求めることは困難であるため，ラグの長さの決定にはある程度の恣意性が入ることは避けられない。そして適切なラグ期間設定の問題は，推計結果から各期のR&D減耗率を求める際にも影響を与える。

(6) 応用する先行研究

以上において，R&Dの減耗率を推計する先行研究と，複数の方法についてみてきた。本稿では，上記（3），（4），（5）の3つの方法につき，それぞれの留意すべき点を考慮しつつ応用し，日本の上場「医薬品」,「電機」産業の財務諸表データからR&D減耗率を推計することを試みる。また，今回は複数の推計法を試みるに際し，同じパネルデータを用いる[20]ことで，各方法の結果の比較も行う。なお，上記の（1）の方法については，近年において関連する適当なサーベイ調査が行われていないこと，（2）の方法については「統計の制約」と「推計上の問題」および「各特許の有する潜在的な価値の差の非考慮」の問題点がある[21]ため，適用しない。

3.「医薬品」,「電機」のR&D減耗率の実証分析

3-1. R&Dと物的資本投資の収益率一致条件を用いたR&D減耗率の推定

(1) R&D減耗率推定の考え方

本節においては，Pakes and Schankerman（1984）において提示された方法を参考に，日本の医薬品および，電機産業におけるR&Dストックの減耗率の推定を行う。R&Dストックと物的資本の収益率が一致する条件からR&Dの減耗率を推定したPakes and Schankerman（1984）の考え方をみると以下のとおりである。

r を期待収益率（もしくは暗黙の割引率），δ_cを物的資本の減耗率とすると，1単位の物的投資のリターンの現在価値は$1+r+\delta_c$となる。一方，R&D支出の平均タイムラグをθ年とみなせば[22]，1単位のR&D支出のリターンの現在価値は$(1+r+\delta)(1+r)^{-\theta}$となる。なお，期待収益率（もしくは暗黙の割引率）$r$ については，物的投資とR&D投資に関し共通とみなせるものの，物的資本及びR&Dストックの減耗率は異なるため，

$$(1+r+\delta)(1+r)^{-\theta}=(1+r+\delta_c) \qquad (6)$$

が成り立つ。

以下においては，r, δ_c, θを外生的に（6）式に入れ，R&Dストックの減耗率δを試算する。

(2) 外生変数の検討

本推計において用いるr, δ_c, θの3種の外生変数については，以下の考え方により，数値を作成，採用する。

① 期待収益率（暗黙の割引率）r

期待収益率（暗黙の割引率）としては，各企業の各期におけるROA（資産収益率）を計測し採用する。ROAの計測式としては，分析の目的に応じて複数の種類[23]があるが，一般的に用いられるのは，「事業利益/総資本」である[24]。その際，計測に際し

[20] （4）の先行研究であるHall（2007）および（5）の先行研究であるLev and Sougiannis（1996）においては，企業の異質性について考慮はされていない。

[21] 「統計の制約」としては，特許の対象ではないR&Dの成果やイノベーションがあることと，業種別の統計が得られないこと，「推計上の問題」としては，推計結果に下方バイアスが生じること，「各特許の有する潜在的な価値の差の非考慮」については，特許の価値を一律とみなしていることにより，R&Dストックを考慮する際に必要な「価値」の観点を捨象していること，が挙げられる。

[22] 企業のR&D支出が，付加価値等に影響をもたらすまでにはタイムラグがある。タイムラグの出方として，R&D支出が複数期間にわたり影響を及ぼし続けるという見方ではなく，（平均的なタイムラグ期間の）θ期後に一括して影響が出る，との見方をとっている。

[23] 分子に事業利益を用いる場合や当期利益を用いる場合等。

[24] 経常利益には，資産ではなく負債が原因となり発生する費用である支払利息が控除されている。総資本

ては，簿価ベース[25]としている。

② 物的資本の減耗率δ_c

δ_c（物的資本ストックの減耗率）については，Hayashi and Inoue（1991）による品目ごとの減耗率を，財務諸表における有形固定資産の内訳によりウェイト付けすることにより，企業，年単位で求める。なお，Hayashi and Inoue（1991）による，品目ごとの減耗率は以下のとおりである。

表１　品目ごとの減耗率

建物及び建物付属設備	4.70%
構築物	5.64%
機械及び装置	9.49%
船舶，車両及び工具	14.70%
工具及び器具・備品	8.84%

資料：Hayashi and Inoue（1991）

③ R&D支出のタイムラグθ

θ（R&Dの平均ラグ）について，最近の研究であり全業種を対象とした文部科学省科学技術政策研究所（2010）や鈴木（2011）は，それぞれ３年程度と見ているため，ここでは基本ケースとしてθ＝３年と設定する[26]。なお，以下の3-3.の推計結果（平均ラグ）にもあるとおり，医薬品，電機産業ともにθ＝３年と置くことは妥当と考えられる[27]。ただし，参考値としてθ＝２年，θ＝４年の場合の計算も行った。

(3) データ

NEEDS-FinancialQUESTより，各産業に属する上場企業の財務諸表データを取得した。なお，他の２種の推計と企業数，推計年次（1986年度～2010年度[28]）を合わせるため，本節における推計および以降の他の推計において用いる指標を，全て取得できる企業を選択している。よって，本節の推計と他の推計が対象とする企業は同一である。企業数はそれぞれ以下のとおりである。

・医薬品：30社
・電機　：151社

なお，本推計において用いるROA，物的資本の減耗率については，各企業の財務諸表から得られるデータより作成している。

(4) R&D減耗率の推計結果

対象とする期間（1986年度～2010年度）[29]につき，企業ごとに計測したr（ROA），δ_c（物的資本減耗率）と，θ（基本ケースとして３年）

が生み出す，資本調達方法により左右されない利益率をみるためには，経常利益に支払利息を足し戻した事業利益を用いるべきとの考えである（事業利益＝経常利益+支払利息＝営業利益+受取利息・配当金）。つまり，ROAが高い企業は，利益を上げる仕組みが整っているとみなすことができる。なお，分子として特別損益や法人税等を差し引いた当期利益（経常利益+特別利益－特別損失－法人税，事業税）を用いる場合もある。当期利益は配当の原資となることから，株主が重視する指標であるため，株主を特に重視する企業は，事業利益や経常利益よりも，当期利益に留意することが考えられる。

[25] 簿価ベースのROAは，投下資本に対して実現される収益率を測るものであり，実現された企業業績の尺度としては時価ベースよりも適切であるとみなすことができる（亀田・高川（2003））。

[26] 平均ラグを求めた最近の研究として，資本金規模上位企業を対象にサーベイを実施した文部科学省科学技術政策研究所（2010）は，研究開発投資のタイムラグ（研究開発終了後市場に導入されるまでの期間に研究開発期間の1/2を加えたもの）を41.4ヶ月（3.5年）とし，特許データを用いて計算した鈴木（2011）は，研究開発プロジェクトを開始してから利用開始に至るまでのラグの中央値を33ヶ月（2.8年）としている。

[27] なお，やや古いが，サーベイ調査をもとにした後藤ほか（1986）では，「医薬品」4.6年，「産業機械」2.1年，「通信機器」2.0年，「自動車」2.8年等と算出している。

[28] 3-1, 3-2に関しては，1986年より以前からの推計が可能であるが，3-3はR&Dの多期間のラグを用いるため，1986年以降の推計となる。本稿では，複数の方法による比較を行うため，すべての方法において期間，対象企業を同一とした。

[29] r, δ_cおよび，それらから求められるR&Dストック減耗率は，企業ごとに毎年の計測値を得られる。ここでは，対象とする期間（1986年度～2010年度）における平均値を以て，産業としてのR&Dストック減耗率としている。

表２　R&Dと物的資本投資の限界収益率一致条件を用いたR&D減耗率の推定[31]（1986-2010年）

	医薬品１		医薬品２		電機１		電機２	
基本ケース（θ=3年）	20.0%		40.9%		12.8%		25.4%	
信頼区間（95%）	19.1%	20.9%	39.2%	42.6%	12.2%	13.4%	24.8%	26.0%
参考（θ=2年）	15.0%		27.9%		10.4%		18.5%	
信頼区間（95%）	14.4%	15.6%	26.8%	28.9%	10.0%	10.7%	18.1%	18.9%
参考（θ=4年）	25.4%		55.5%		15.5%		33.0%	
信頼区間（95%）	24.2%	26.7%	53.0%	58.0%	14.5%	16.4%	32.1%	33.9%

を用い，（1）に基づきR&Dストック減耗率を推計している。なお，参考値として，θを２年の場合と４年の場合についても推計を行った。rに関連しては，各産業においてROA算出に際し分子に「当期利益」を用いた場合（医薬品1，電機1）と，「事業利益」を用いた場合（医薬品2，電機2）の２種の推計値を出している。

R&Dストック減耗率の推計結果（推計値および95％信頼区間）は，表２のとおりである。それによれば，期待収益率（暗黙の割引率）rの差が推計結果に差をもたらしていることが分かる[30]。基本的には期待収益率（暗黙の割引率）rとして，本業の利益を重視する「事業利益」を用いることが適当と思われるが，企業の事業活動が法人税等を含めた最終的な利益の最大化を目的とするとの見方や，株主の意向を特に重視する企業の場合は「当期利益」を用いることも考えられる。この点に関しては，以下の3-4において各利益の差に留意しつつ，検討する。

[30] 表２のとおり，R&D支出のタイムラグ（θ）に差があるとすれば，それも推計結果に差をもたらす要因である。ただし，3-1（2）③で示したとおり，R&D支出のタイムラグは医薬品，電機とも３年とみることの問題はないと思われる。

[31] なお，参考までに同期間におけるROAおよび物的資本減耗率δをみると以下のとおりである。医薬品については事業利益を用いたROAが8.9％，当期利益を用いたROAが3.9％，物的資本減耗率が5.9％，電機については，事業利益を用いた，ROAが4.9％，当期利益を用いたROAが1.4％，物的資本減耗率が6.5％である。

3-2．R&Dと物的資本投資の限界市場価値一致条件を用いたR&D減耗率の推定

（1）R&D減耗率推定の考え方

本節においては，Hayashi and Inoue（1991）のモデルを用い，Hall（2007）において検討された方法を参考に，日本の医薬品および，電機産業におけるR&Dストックの減耗率の推定を行う。具体的には，R&Dストックと物的資本の限界市場価値が一致する条件から，R&Dの減耗率を推定する方法である。

Hall（2007）においては，まず，資産を一般的な（物的）資本K_Pと，R&Dによる蓄積に代表される知識（無形）資本K_Rに分けて考える。その上で，Hayashi and Inoue（1991）で提示された，複数の種類の資産によるQモデル[32]を適用する。

企業はt期において，以下のネットキャッシュフローの期待割引現在価値を最大化し，それがt期における当該企業の現在価値に等しいと仮定する。

$$\max V_t = E_t \sum_{j=0}^{\infty} \beta^j \Big[\Pi\big(K_{P,t+j}, K_{R,t+j}, K_{P,t+j+1}, K_{R,t+j+1}; p_{t+j}\big) - p^I_{t+j} I_{t+j} - p^R_{t+j} R_{t+j} \Big]$$

$$s.t.\quad K_{P,t+j+1} = (1-\delta_C) K_{P,t+j} + I_{t+j}$$

$$K_{R,t+j+1} = (1-\delta_R) K_{R,t+j} + R_{t+j} \qquad (7)$$

ここで，V_tはt期の市場価値，Πは利潤関数でありt期時点では各資本の要素価格p_t，当期のストック$K_{P,t}$，$K_{R,t}$に加え，調整費用の観点

[32] 企業を資産の束とみなし，企業の複数種類の資産が企業の市場価値を構成するという考え方は，まず，Griliches（1981）において示された。

から次期のストック$K_{P,t+1}$，$K_{R,t+1}$も考慮する。なお，I_t，R_tはそれぞれ物的資本とR&Dストックの粗投資（フロー）分であり，p_t^I，p_t^Rはそれぞれの価格，減耗率はδ_Cとδ_Rと設定する。各ストックは，減耗分を考慮に入れた前期ストック分に，今期の各投資フローを足したものである。また，E_tはt期時点で得られる情報に基づく期待オペレータである。

次に（7）式の最適化条件を解き，資本コストが限界利潤に一致する条件を用いると，以下のジョルゲンソン型の資本コスト関数を得ることができる[33]。

$$C_t^P = p_t^I - E_t\left[\beta(1-\delta_C)p_{t+1}^I\right] \tag{8}$$

$$C_t^R = p_t^R - E_t\left[\beta(1-\delta_R)p_{t+1}^R\right] \tag{9}$$

この（8）および（9）式を用い（7）のV_t式からI_t，R_tを除き，C_t^P，C_t^Rにより書き換えると，

$$\begin{aligned} V_t &= E_t\sum_{j=0}^{\infty}\beta^j\left[\Pi\left(K_{P,t+j},K_{R,t+j},K_{P,t+j+1},K_{R,t+j+1};p_{t+j}\right)-p_{t+j}^I I_{t+j}-p_{t+j}^R R_{t+j}\right] \\ &= E_t\sum_{j=0}^{\infty}\beta^j\left[\Pi\left(K_{P,t+j},K_{R,t+j},K_{P,t+j+1},K_{R,t+j+1};p_{t+j}\right)\right. \\ &\qquad \left.-C_{t+j}^P K_{P,t+j+1}-C_{t+j}^R K_{R,t+j+1}\right]+(1-\delta_C)p_t^I K_{P,t}+(1-\delta_R)p_t^R K_{R,t} \end{aligned} \tag{10}$$

超過レントは

$$\begin{aligned} W_t = E_t\sum_{j=0}^{\infty}\beta^j\left[\Pi\left(K_{P,t+j},K_{R,t+j},K_{P,t+j+1},K_{R,t+j+1};p_{t+j}\right)\right. \\ \left.-C_{t+j}^P K_{P,t+j+1}-C_{t+j}^R K_{R,t+j+1}\right] \end{aligned}$$

と考えられることから，（10）式は，

$$V_t = (1-\delta_C)p_t^I K_{P,t} + (1-\delta_R)p_t^R K_{R,t} + W_t \tag{11}$$

となる[34]。次に，(11)式を用いてQを求める[35]。その際，Hayashi and Inoue（1991）や，Hall（2007）の指摘にあるとおり，期末値である市場価値V_tに資本の計測時期を合わせる必要がある。

$$q_t = \frac{V_t}{(1-\delta_C)p_t^I K_{P,t}} = 1 + \frac{(1-\delta_R)p_t^R K_{R,t}}{(1-\delta_C)p_t^I K_{P,t}} + \frac{W_t}{(1-\delta_C)p_t^I K_{P,t}} \tag{12}$$

この（12）式を用い計測するには，以下の回帰式の特定化が示唆される。

$$\ln q_t = \ln\alpha + \ln\left[1+\gamma\frac{(1-\delta_R)p_t^R K_{R,t}}{(1-\delta_C)p_t^I K_{P,t}} + \eta\frac{W_t}{(1-\delta_C)p_t^I K_{P,t}}\right] + \varepsilon_t \tag{13}$$

なお，物的資本，R&Dストックとも市場において最適化条件が満たされているとすれば，物的資本およびR&Dストックの限界市場価値は同等であり（$\gamma = 1$），超過レントはゼロ（$W_t = 0$）となる。そして，R&Dストックの正確な減耗率（$=\delta$と仮定する）によりR&DストックK_R^*が構築されているのであれば，最適化条件が満たされる中で，

$$\ln q_t = \ln\alpha + \ln\left[1+\frac{(1-\delta)p_t^R K_{R,t}^*}{(1-\delta_C)p_t^I K_{P,t}}\right] + \varepsilon_t \tag{14}$$

が成り立っている。しかし，ここにおける問題は，当初の段階では最適化条件を満たす正しいR&Dストックの減耗率，ひいてはR&Dストックが分からないことにある。そこで，当初の段階において想定するR&Dストックの減耗率をδ_Rと設定し，その場合のR&Dストックが$K_{R,t}$と計算される場合，上の式による推計には$\hat{\gamma}$のバイアスがかかる。

$$\begin{aligned} \ln q_t &= \ln\alpha + \ln\left[1+\hat{\gamma}\frac{(1-\delta_R)p_t^R K_{R,t}}{(1-\delta_C)p_t^I K_{P,t}}\right] + \varepsilon_t \\ &= \ln\alpha + \ln\left[1+\hat{\Theta}\frac{p_t^R K_{R,t}}{p_t^I K_{P,t}}\right] + \varepsilon_t \end{aligned} \tag{15}$$

ここで，$\hat{\gamma}\dfrac{(1-\delta_R)}{(1-\delta_C)} \equiv \hat{\Theta}$である。なお，$\hat{\gamma}$と$\hat{\Theta}$は期間を通じて一定であり，それゆえ$K_{R,t}^*/K_{R,t}$

33　詳細は補論２を参照。
34　詳細は補論２を参照。
35　ここで求めるQの分母は，総資産ではなく有形固定資産である。

も期間を通じて一定と想定する。

（14）式と（15）式の第二項の括弧内が等しくなることからは，

$$\frac{(1-\delta)p_t^R K_{R,t}^*}{(1-\delta_C)p_t^I K_{P,t}} = \hat{\Theta}\frac{p_t^R K_{R,t}}{p_t^I K_{P,t}} \tag{16}$$

が成り立っている。

なお，R&D投資（フロー）の長期安定的な成長率をgとすれば，$K_{R,t} = \dfrac{R_t}{\delta_R + g}$が近似値として導き出される（Hall, Mairesse, and Mohnen (2010)）。一方，R&D投資（フロー）の成長率gは正しい減耗率δを用いた場合も同じであるゆえ，$K_{R,t}^* = \dfrac{R_t}{\delta + g}$が成り立つ。ここから，$K_{R,t}$と$K_{R,t}^*$につき，以下の関係が導き出される。

$$K_{R,t} = K_{R,t}^* \frac{\delta + g}{\delta_R + g} \tag{17}$$

（16）式と（17）式からは，

$$\frac{(1-\delta)p_t^R K_{R,t}^*}{(1-\delta_C)p_t^I K_{P,t}} = \hat{\Theta}\frac{p_t^R K_{R,t}}{p_t^I K_{P,t}} = \hat{\Theta}\frac{p_t^R}{p_t^I K_{P,t}}\left(K_{R,t}^* \frac{\delta + g}{\delta_R + g}\right) \tag{18}$$

となり，それゆえ，$\dfrac{(1-\delta)}{(1-\delta_C)} = \hat{\Theta}\dfrac{\delta + g}{\delta_R + g}$が成り立っている。これを正しい減耗率$\delta$の式にすると，

$$\delta = \frac{(\delta_R + g) - (1-\delta_C)g\hat{\Theta}}{(\delta_R + g) + (1-\delta_C)\hat{\Theta}} \tag{19}$$

ここでδ_Rとして一般的に用いられる15%を初期値として計算する[36]と，最適化条件を満たすR&Dストックの正しい減耗率は，推計結果$\hat{\Theta}$を用い，

$$\delta = \frac{(.15 + g) - (1-\delta_C)g\hat{\Theta}}{(.15 + g) + (1-\delta_C)\hat{\Theta}} \tag{20}$$

[36] R&Dストックの減耗率は，Griliches and Mairesse（1984），Hall and Mairesse（1995），Los and Verspagen（2000），Branstetter（2000），Branstetter（2001）等において，慣例的に15 %と設定されている。

として求められる。

(2) 外生変数の検討

本推計において用いる，V, δ_R, δ_C, $p_t^R K_{R,t}$, $p_t^I K_{P,t}$の5種の外生変数については，基本的に以下の考え方により，数値を作成し，採用する。

① V

上記の考え方のもと，Vは，企業の市場価値（株式時価総額（=株価＊発行済株式数：期末値）として，企業ごと，年度ごとに計算を行う。

② δ_R

先に示したとおり，当初のR&Dストック減耗率として慣例的に使用されている15%を採用する。

③ δ_C

前節と同様，δ_C（物的資本ストックの減耗率）については，Hayashi and Inoue（1991）による品目ごとの減耗率を，財務諸表における有形固定資産の内訳によりウェイト付けすることにより，まず，企業，年単位で求める。その後，各企業の当該期間における平均減耗率を求め，さらにそれを平均することにより，産業ごとに物的資本の減耗率を求めている。

④ $p_t^I K_{P,t}$

財務諸表より有形固定資産（名目）を採用する。

⑤ $p_t^R K_{R,t}$

R&Dストック$K_{R,t+1} = (1-\delta_R)K_{R,t} + R_t$に関しては，R&D支出（$R_t$）は財務諸表より取得した「開発費・試験研究費」を利用する。また，R&Dストックの初期値（$K_{R,1}$）設定に際しては，Goto and Suzuki（1989），Hall and Mairesse（1995）等を参考に以下のように考える。ここでRの成長率が長期的に安定しており（g），R&D支出のタイムラグがないとすれば，

$$K_{R,1} = R_0 + (1-\delta)R_{-1} + (1-\delta)^2 R_{-2} + \ldots$$
$$= R_0 \sum_{s=0}^{\infty}\left[\frac{1-\delta}{1+g}\right]^s = \frac{R_1}{g+\delta} \qquad (21)$$

となる。ここでgは，対象企業の「開発費・試験研究費」計の2010年度までの平均成長率とした。

なお，上記（21）式は，R&D支出のタイムラグがない場合であり，今回はR&D支出のタイムラグを3年とおくので，（21）式は$K_{R,3} = R_1/(g+\delta)$として初期値を計算している。

(3) データ

NEEDS-FinancialQUESTより，各産業に属する上場企業の財務諸表データを取得した。なお，他の2種の推計と企業数，推計年次（1986年度～2010年度）は同一である。

(4) R&D減耗率の推計結果

上記（15）式の推計結果を（20）式に適用して得られるR&Dストックの減耗率は，表3のようになる。なお，推計においては，対象年度のプーリングデータに，年次ダミーのほか企業ダミーをいれ，企業の異質性を考慮している[37]。なお，（20）式のgとしては対象企業ごとに計算した当該期間の成長率の平均値を以て産業のgとして計算している[38]。推計結果をみると，医薬品（19.3%）と比べ電機（27.8%）の減耗率が高い結果となった。なお，95％信頼区間をみると，電機と比較し，医薬品の減耗率の幅が大きくなっている。

表3　R&Dと物的資本投資の限界市場価値一致条件を用いたR&D減耗率の推定

1986～2010年度	医薬品		電機	
$\hat{\Theta}$ （標準誤差）	0.718 （0.131）		0.492 （0.050）	
R&Dストック減耗率	19.3%		27.8%	
信頼区間（95%）	0.462	0.975	0.393	0.501
上記信頼区間に対応するR&D減耗率	28.9%	13.7%	33.3%	23.6%
調整済決定係数	0.688		0.493	

3-3. R&D投資の営業利益への寄与度推移からR&D減耗率推定

(1) R&D減耗率推定の考え方

本節においては，Lev and Sougiannis（1996）等において提示された方法[39]を参考に，日本の医薬品および，電機産業におけるR&Dストックの減耗率の推定を行う。なお，先の2つの推定方法においては，最適化条件（R&Dストックと物的資本の収益率の一致および限界市場価値の一致）を用いていたが，ここにおいては考慮に入れていない。

Lev and Sougiannis（1996）の基本的な考え方としては，各企業の営業利益が，有形資産，広告支出，および現在および過去のR&D支出により決定されるとみる。具体的には，OI_{it}を営業利益，S_{it}を売上高，$TA_{i,t-1}$を有形固定資産，$RD_{i,t-k}$を年次のR&D支出，kをラグ（推計により決定（有意な期間）），$AD_{i,t-1}$を年次の広告支出としている。

$$(OI_{it}/S_{it}) = \alpha_0 + \alpha_1(TA_{i,t-1}/S_{i,t}) + \sum_{k=0}^{N}\alpha_{2,k}(RD_{i,t-k}/S_{i,t}) + \alpha_3(AD_{i,t-1}/S_{i,t}) + e_{it} \qquad (22)$$

Lev and Sougiannis（1996）においては，不均一分散の問題に対処するため，（22）式のよう

[37] Hall（2007）では，期間ごとのプーリングデータによる推計が行われている。その際，企業の異質性は考慮に入れていない。

[38] この方法で計算したgは医薬品は7.0%，電機は7.5%である。なお，対象企業のR&D支出の総和から，当該期間の平均成長率を求めると，医薬品は8.3％，電機は4.7％となる。前者を用いて計算したR&Dストック減耗率は，表3のとおりであるが，後者を用いてR&Dストック減耗率を計算すると，医薬品は19.9%，電機は24.1%となる。

[39] なお，この方法は，Lev and Sougiannis（1999），劉（2005）等にも採用されている。

に被説明変数と説明変数を売上高で除しているが，今回は劉（2005）に倣い，対数をとることにより対処する。なお，基本的にt期の営業利益を被説明変数としており，説明変数については，有形固定資産はt-1期，R&D支出はt期から数期間さかのぼり，広告支出はt期としている。ここで広告支出に関しては，Peles（1970）やHall（1993）により，効果が即効的かつ短期間と指摘されている[40]こともあり，複数期間を考慮せず，当期の値[41]のみを説明変数として用いる。また，時系列的に進歩し，蓄積される技術について考慮するため，時間変数を説明変数として加えている。以上より，具体的な推計式として，今回は以下の（23）式を考える。

$$\ln(OI_{it}) = const + \alpha_0 time + \alpha_1 \ln(TA_{i,t-1}) + \sum_{k=0}^{N} \alpha_{2,k} \ln(RD_{i,t-k}) + \alpha_3 (AD_{i,t}) + e_{it} \quad (23)$$

なお，推計に際してはLev and Sougiannis（1996）にもあるように①操作変数法の採用，および②説明変数のR&D支出のラグにAlmon lagを適用する，の2点に留意する。

一点目の操作変数の採用については，「R&D支出」および「広告支出」が「営業利益」に影響を与えるのみならず，「営業利益」の変動が「R&D支出」や「広告支出」にも影響を及ぼすという「逆の因果関係（同時性）」の問題に対処することを目的としている。操作変数としては，「当該説明変数と相関」し，「攪乱項と相関しない」変数を選択する必要がある。R&D支出につきLev and Sougiannis（1996）は，「他社のR&D支出平均値」を操作変数として利用している[42]。まず，この操作変数につき，企業のR&D支出と相関しているか，という点については，スピルオーバー効果と強く関わっている。Cohen and Levinthal（1989）は，企業がR&D支出を行うのは，「自らの知識の拡張と技術の蓄積」に加え，「外部で生成・蓄積されている技術を活用する能力を高める（吸収能力の拡充）」ことも目的としているとし，Evenson and Kislev（1976）も外部の知識を十分に活用するには，R&Dの蓄積により自らの能力を高めることの必要性を指摘している[43]。この観点から，「企業のR&D支出」と，「他社のR&D支出平均値」は相関しているとみなすことができる[44]。次に，操作変数と攪乱項の相関に関しては，推計式の攪乱項に「業界における技術進歩分」が含まれているか，という点に留意する必要があろう。もし，それが含まれている可能性があれば，操作変数として想定する「他社のR&D支出平均値」は，「業界における技術進歩」の影響を受け，操作変数としては適切でない可能性も想定される。そこで今回は，推計式（23）にみるとおり，説明変数に時間変数[45]を加えることで，時系列的に進歩・蓄積される技術分を吸収した。それにより，推計式の攪乱項には，企業固有の経営や組織戦略等に関する部分が主として含まれるものと考えられる。その場合，「他社のR&D支出平均値」が「企業固有の経営や組織戦略」と相関することは考えにくい。その考え方のもと，本推計においても，「他社のR&D支出平均値」を操作変数として

[40] Peles（1970）では，広告の効果は短期的であり，長くても2年程度であるとしている。なお，Lev and Sougiannis（1996）では，R&D支出と異なり，広告支出に複数年にまたがるラグはないとみている。

[41] Lev and Sougiannis（1996）では，前期の広告支出を説明変数として用いている。

[42] 一方，同論文において広告支出に関しては操作変数を採用していない。これに関しては，前期の広告支出を説明変数として採用していることから，同時性の問題が生じていないため，とみることができる。

[43] なお，Harhoff（2000）の分析によれば，特にハイテク企業においてはスピルオーバーの効果は一律ではなく，自らのR&Dの蓄積があることで初めて効果が高まるとみている。

[44] 実際，$\ln RD_t = a + b \ln IRD_t + u_t$を推計（RDは各企業のR&D支出，IRDは他社（当該企業以外）のR&D支出平均値）すると，bの係数のt値については，医薬品では10.15，電機では16.57となっており，いずれも正の相関を示している。

[45] 先行研究であるLev and Sougiannis（1996）においては勘案されていない。

$RD_{i,t-k}$系列を作成した。

なお，広告支出に関しては，Lev and Sougiannis（1996）は操作変数を導入していないが，「営業利益」の変動が当期の「広告支出」にも影響を及ぼすことも考えられる。そのため本推計においては，「前期の広告支出」を操作変数として採用し[46]，同時性の問題に対処する。

なお，上記の操作変数を考慮しつつ，「R&D支出」および「広告支出」に内生性があるか（外生性の帰無仮説が棄却されるか）という点につきWu-Hausman検定を行ったところ，医薬品，電機のいずれにおいても帰無仮説は棄却され，OLSによる推計よりも操作変数を活用して推計を行うことが望ましいとの結果となった[47]。

二点目の分布ラグを想定（Almon lag）したことに関しては，有限なt期のラグ期間のもと，ラグ期間分の説明変数（今回はR&D支出をラグ付の説明変数とし，営業利益を被説明変数とする）を入れて最小二乗法で推定すると，多重共線性による係数不安定の問題が生じることに対応するためである。今回はAlmon lagを採用し，ラグ付説明変数の係数につき制約を課すことにより対処する。なお，Almon lagを用いる際には，ラグの長さや端点制約の有無を決める必要があるが，それらについてはある程度先験的な情報等により決めざるを得ない[48]。今回は，タイムラグの期間[49]として，Lev and Sougiannis（1996）において検討された結果である医薬品8年，電機7年を出発点として複数の推計を行い，その中からR&D支出が有意となる期間のものを選択した[50]。また端点制約については，R&Dの効果が有意である期間を過ぎるとゼロになるとの見方から，$\alpha_{2,N+1}=0$の制約を置き，ラグ次数は2次[51]とした。なお，各年のクロスセクションデータを用いたLev and Sougiannis（1996）と異なり[52]，対象年度のプーリングデータに対し，年次ダミーのほか，各企業ダミーを入れた上で推計を行っている。

(2) 外生変数の検討

本推計において用いるOI, TA, AD, RD, $time$の4種の外生変数については，基本的に以下の考え方により，数値を作成，採用する。

① OI

「営業利益」を示すOIについては，Lev and Sougiannis（1996）の指摘にもあるように，推計式である（15）式の両辺が同じ変数から影響を受けぬよう，「減価償却費」，「広告費」，「R&D費」を控除する前のものを用いる[53]。なお，製造業部門別投入・産出物価指数（日本銀行）の産出物価指数により実質化している。

② TA

TAは，「有形固定資産」であり，実質化に際しては製造業部門別投入・産出物価指数（日本

[46] 操作変数として，1期ラグをとった説明変数が採用された事例としては，浅子・坂本（1993），三井，竹澤，河内（1995）等がある（いずれも社会資本の分析関連）。

[47] 「R&D支出」および「広告支出」の予測値の係数がともにゼロとなるかという点に関するF値は，医薬品の場合は2.88（P値0.02），電機の場合は8.08（P値0.00）となり，いずれも帰無仮説は棄却された。

[48] 廣松ほか（1988）や蓑谷（1981）において指摘されるように，真のラグの長さを推定結果の比較により求めることはできない。したがって，ラグの長さの決定に当たり，ある程度の恣意性は入る。

[49] ここにおける「タイムラグの期間」とは，当該期のR&D支出が売上高に効果をもたらす有効な期間のことを指す。

[50] たとえば，R&Dの9期ラグまでを取り入れた（23）式の推計においてR&Dの9期ラグまで有意であるのに，10期ラグまでを取り入れた推計においては，10期目のラグが非有意となるような場合は，9期ラグまでを取り入れた推計結果を採用する。この考え方はLev and Sougiannis（1996）に則るが，各説明変数の有意性に拘らず決定係数を判断基準とした劉（2005）の考え方とは異なる。

[51] 次数が2次であれば，ラグの影響が時間により減衰する効果等もみることができる。

[52] Lev and Sougiannis（1996）は，各年の推計値を平均することにより，R&D減耗率を算出している。

[53] 有価証券報告書の営業利益は，売上総利益から販売費，一般管理費を除いたものである。それゆえ，営業利益には減価償却費，広告費，R&D費が控除されている。推計式である（23）式の両辺が同じ変数から影響を受けぬよう，控除前の値を用いる。

銀行）の投入物価指数を用いている。

③　*AD*

*AD*は「広告・宣伝費」であり，製造業部門別投入・産出物価指数（日本銀行）の投入物価指数により実質化している。

④　*RD*

*RD*は「開発費・試験研究費」であり，製造業部門別投入・産出物価指数（日本銀行）の投入物価指数により実質化している。

⑤　*time*

推計開始年度である1986年を1とした（2010年は25となる）。

(3) データ

NEEDS-FinancialQUESTより，各産業に属する上場企業の財務諸表データを取得した。なお，他の2種の推計と企業数，推計年次（1986年度～2010年度）は同一である[54]。

(4) R&D減耗率の推計結果

医薬品および電機の推計結果は表4のとおりである。なお，Lev and Sougiannis（1996）はAlmon lagによる推計のもとでは，R&Dのパラメータである$\alpha_{2,k}$を用い，毎期のR&D減耗率[55]を以下のように計測できるとしている[56]。

$$\delta_k = \frac{\hat{\alpha}_{2,k}}{\sum_k \hat{\alpha}_{2,k}}, \text{（ここで，} \sum_k \delta_k = 1 \text{である）} \tag{24}$$

医薬品，電機とも，（23）の推計式においてR&D支出が有意である期間は9期となった。（24）式に基づいて計算した各期のR&D支出の減耗率はδ_k欄に示すとおりである。なお，本推計においては各期のδ_kは異なるが，このδ_kの推移を，他の推計方法で検討したように一律の減耗率δで近似する[57]と，それぞれδ欄に記した値となる。さらに，同様に数期にわたるR&D支出の利益に与える影響からR&Dの減耗率を計測したSougiannis（1994）においては，R&Dの平均ラグとして，

$$L = \frac{\sum_k k\hat{\alpha}_{2,k}}{\sum_k \hat{\alpha}_{2,k}} \tag{25}$$

と定義している。

また，上記（25）式で計測した平均ラグについては，いずれの場合もほぼ3年となっている。δ_kの結果からは，医薬品，電機の双方において，時間の経過とともにR&Dの減耗率が減衰しており，初期段階での陳腐化が急速に進むことを示している。

なお，今回計測したR&D減耗パターンを，一律（定率）の減耗率δに当てはめた結果をみると，医薬品（20.3%）よりも電機（25.0%）の減耗率が高くなっている。

3-4. 各推計結果の比較と解釈

本章におけるR&D減耗率の推計結果をまとめると以下のようになる。医薬品については，「R&Dと物的資本投資の限界収益率一致条件を用いたR&D減耗率の推定（3-1）」で利用した*r*（ROA）の分子に「当期利益」を使い，電機については「事業利益」を使う[58]とすれば，各方法による推計結果は極めて近いものとなる。

なお，一般的には分子として，本業の利益をみる「事業利益」が使われる[59]。一方，「当期利

[54] なお，Lev and Sougiannis（1996）においては，1975-1981年の各年ごとのクロスセクションデータを用いている。

[55] R&Dの成果が時間経過とともに分布ラグを伴って結実するとの考え方。一方，先の3-1, 3-2では，平均ラグθ期に一気に結実するとの見方である。

[56] なお，この減耗率の考え方については，補論3を参照

[57] *t*期になされたR&D支出分R_tは，期を経るに従い$(1-\delta)$の割合で減耗していく。つまり，*t*+*x*期に，*t*期に支出したR&D支出R_t（=*y*）は，$y = R_t(1-\delta)^{x-1}$となる。この関係を用い，$R_t = 1$として，今回の推計により導出されたδ_kにつき，期を通じて一律のδにより近似を行った。

[58] 以下の結果の比較に際し，*r*（ROA）の分子として医薬品では「当期利益」，電機では「事業利益」を参照する。

[59] r（ROA）の分子として「事業利益」を参照する積極的な理由としては，特に電機においては，パナソニックや東芝をはじめとして，独立採算の事業部制（社内カンパニー）が取られる事例があることとも関

表 4　R&D 投資の営業利益への寄与度推移から R&D 減耗率推定

医薬品	const	α0	α1	α2.0	α2.1	α2.2	α2.3	α2.4	α2.5	α2.6	α2.7	α2.8	α2.9	α3
1986-2010	N=662, F（45, 616）=279.08, (***), Adj R-squared =0.953													
	-3.850	0.028	0.133	0.148	0.172	0.187	0.193	0.191	0.181	0.162	0.134	0.098	0.053	0.133
t 値	-0.86	1.01	5.66	1.65	2.36	2.67	2.59	2.40	2.22	2.07	1.96	1.87	1.80	5.66
			***	*	**	***	***	**	**	**	**	*	*	***
δ_k				9.74%	11.30%	12.29%	12.73%	12.60%	11.90%	10.65%	8.83%	6.45%	3.51%	
δ	20.3%													
平均ラグ	3.4 年													

電機	const	α0	α1	α2.0	α2.1	α2.2	α2.3	α2.4	α2.5	α2.6	α2.7	α2.8	α2.9	α3
1986-2010	N=2,288, F（150, 2137）=111.28, (***), Adj R-squared =0.888													
	1.605	0.022	0.443	0.042	0.038	0.034	0.030	0.026	0.022	0.018	0.013	0.009	0.005	0.204
t 値	5.08	6.79	12.08	2.93	3.95	5.43	6.42	5.43	4.03	3.07	2.45	2.03	1.74	7.43
	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	**	**	*	***
δ_k				17.60%	16.01%	14.39%	12.73%	11.03%	9.29%	7.51%	5.69%	3.83%	1.93%	
δ	25.0 %													
平均ラグ	3.1 年													

注：*** は 1 %水準で有意，** は 5 %水準で有意，* は 10 %水準で有意

益」は配当および今後の成長のための投資の原資となるため，株主，投資家が注目する利益である[60]。それゆえ，ステークホルダーとしての株主や投資家の意向が強く反映される業界においては，「当期利益」を分子としたROAが注目される可能性もある。医薬品産業に関しては，厚生労働省（2002）が，メインバンクによるコーポレートガバナンスの弱体化と外国人持株比率の増大等により「株主重視の経営」へのシフトが起きている，と指摘している。実際，今回の対象企業につき，外国人持株比率[61]をみると，1986 年の 10.7 %から 2010 年の 18.3%にまで上昇している[62]。ただし，「外国人持株比率の上昇」が「株主重視の経営」に繋がるには，外国人投資家が企業を規律付けている状況が前提となる。その点については，今後精査し，明らかにすべき課題であろう。

また，医薬品に関しては，Scherer（2010）の指摘にあるように，新薬開発が成功し，市場に受け入れられる確率は低い。「市場に受け入れられた」新薬に限れば，R&D等イノベーションによる収益率の分布は他分野の新製品とほぼ同様である。しかし，そうではない部分を含めると収益率分布は相当のゆがみを持つ[63]。この観点からは，医薬品においても「事業利益」を分子としたROAを基準としつつも，リスク要因を考慮に入れ，ROAよりも低い期待収益率（暗黙の割引率）を設定しているという可能性も考えられる。

連し，全社の最終利益より事業の利益が注目されるため，という点も考えられる。

60 当期利益はROE（自己資本利益率）の分子である（分母は自己資本）。

61 医薬品産業の場合，金融機関持株比率は 1986 年の 38.9%から 25.8%に低下し，法人持株比率は 12.5%から 25.6%にまで上昇している。一方，電機産業の場合は，同時期において金融機関持株比率は 30.7%（1986 年）から 30.9%（2010 年）と横ばいで推移し，法人持株比率は 23.3%から 20.8%へとやや低下している。

62 電機の外国人持株比率は，値は小さいものの 1986 年の 6.1%から 2010 年の 13.1%にまで上昇している。

63 Scherer and Harhoff（2000）は米国医薬品産業のデータを用いたシミュレーションにより，同産業の収益率は極めて大きな変動をする可能性を示した。

(1) 推計方法（3-1, 3-2）によりR&D減耗率計測結果に差はあるか

以下においては，3-1の結果に関し，医薬品では，r（ROA）の分子に「当期利益」を使ったものを，電機については「事業利益」を使ったものを適用した上で，比較可能[64]な3-1と3-2の2つの方法により求めたR&D減耗率が等しいか，という点につき検定を行う。

帰無仮説H_0：2つの方法（3-1, 3-2）により求めたR&D減耗率は等しい

なお，3-1の方法ではR&Dストック減耗率が直接求められるのに対し，3-2の方法では回帰分析により係数を得て，その係数からR&Dストック減耗率を導出する。そのためH_0の検定に際しては，まず，①3-2の方法により得られた係数の情報をR&Dストック減耗率に換算した上で，2つの方法により得られた結果（R&D減耗率）の平均と分散を用い，双方の平均値に有意な差があるかにつき，t検定を行う。さらに，②3-1の方法により得られたR&D減耗率（3-2に対応する係数に換算）が，3-2の方法により得られる係数と等しいかという点につき，線形制約の検定（F検定）を行う。

A）医薬品

3-1, 3-2のいずれの方法による計測結果においても，R&D減耗率は20％程度となった[65]。まず，上記①の双方の平均値に有意な差があるかという点に関しt検定を行うと，算出されたt値は0.18（P値は0.860）と，棄却限界値$t_{0.025}=1.96$の採択域内にあり，帰無仮説は棄却されない[66]。次に3-2の結果に関し，②の線形制約の検定を行うと，F値はF（1, 635）=0.04（P値は0.838）となり，帰無仮説は棄却されない[67]。

以上より，医薬品のR&D減耗率につき，2つの方法により求めたR&D減耗率は等しいとする帰無仮説は棄却されない。

B）電機

3-1, 3-2のいずれの方法による計測結果においても，R&D減耗率は25％程度となった[68]。まず，上記①の双方の平均値に有意な差があるかという点に関しt検定を行うと，算出されたt値は1.14（P値は0.253）と，棄却限界値$t_{0.025}=1.96$の採択域内にあるため，帰無仮説は棄却されない[69]。次に3-2の結果に関し，②の線形制約の検定を行うと，F値はF（1, 3824）=1.11（P値は0.292）となり，帰無仮説は棄却されない[70]。

以上より，電機のR&D減耗率につき，2つの方法により求めたR&D減耗率は等しいとする帰無仮説は棄却されない。

---

[64] 3-3については，基本的に各期の減耗率を出す方法であり，一律（定率）の減耗率は参考として求めているに過ぎない。

[65] なお，3-3の方法により各年で求められたR&D減耗率を一律（定率）換算した参考値も，同様にほぼ20％との結果が得られている。

[66] 3-1の事業利益を用いたROAを基準としたR&D減耗率の推計値（40.9％）と，3-2の推計値につき，同様に検定を行うと，t値は4.95となり帰無仮説は棄却される。

[67] 3-1でROAとして事業利益を用いた場合を比較対象とするとF（1, 635）=10.84（P値は0.001）となり，帰無仮説は棄却される。

[68] 3-3の方法により各年で求められたR&D減耗率を一律（定率）換算した参考値もほぼ25％との結果が得られた。

[69] 3-1の当期利益を用いたROAを基準としたR&D減耗率の推計値（12.8％）と，3-2の推計値につき，同様に検定を行うと，t値は-7.19となり帰無仮説は棄却される。

[70] 3-1においてROAとして当期利益を用いたものと比較すると，F（1, 3824）=115.81（P値は0.00）となり帰無仮説は棄却される。

表５　推計結果のまとめ

1986～2010年度（%）				備考
		医薬品	電機	
3-1	1	40.9	25.4	ROAの分子は事業利益
	2	20.0	12.8	ROAの分子は当期利益
3-2		19.3	27.8	g; 個別企業平均
3-3		20.3	25.0	一律のδ（定率）を当てはめた参考値

(2) 医薬品と電機のR&D減耗率に差はあるか

以上，医薬品と電機のそれぞれにつき，3-1と3-2の２つの方法により求めたR&D減耗率は等しいとの帰無仮説は棄却できなかった。次に，医薬品と電機のR&D減耗率には有意な差があるか，という点を検定するため，以下の帰無仮説を設定する。

帰無仮説H_0：医薬品と電機のR&D減耗率に差はない

まず，3-1の結果に関し，医薬品と電機の各R&D減耗率の平均値に差があるかについてt検定を行う。結果はt=9.58となり[71]，棄却限界値を$Z_{.05}=1.96$とすれば，母平均に差がないとする帰無仮説は棄却される（医薬品と電機のR&D減耗率に差がある）。

次に3-2の推計結果について，①医薬品に関し，電機で計測されたR&D減耗率の値（27.8%）を取りうるか，②電機に関し，医薬品で計測されたR&D減耗率の値（19.3%）を取りうるか，という双方向から線形制約の検定（F検定）を行う。結果は，①についてはF（1, 635）=3.19（P値は0.075），②については，F（1, 3824）=21.47（P値は0.00）となり，10％水準では，①，②ともに帰無仮説は棄却される。また，この方法のもと，医薬品と電機のR&D減耗率の係数値に差があるか，という点につき，平均と分散を用いてt検定を行うと，算出されたt値は1.79（P値は0.073）となり，10％水準では帰無仮説は棄却される。

以上，医薬品と電機のR&D減耗率は，3-1の方法では「差がある」との結果となり，3-2の方法に関しては，有意水準10％では「差がある」との結果となった。

4. 結論

本稿では，複数の手法と財務諸表データを用い，日本の医薬品，電機産業におけるR&D減耗率の計測を行った。一定の前提のもと，計測結果を比較，検討すると，R&D減耗率は「医薬品」では20％，「電機」では25％との結果が得られた。減耗率の高さは，技術進歩の速さと結びつくとした後藤ほか（1986）の観点からは，特に電機において技術進歩の速度が速いということが見て取れる。

この結果につき，各種の先行研究と比較すると，いずれも10％台としている後藤ほか（1986）やGoto and Suzuki（1989）の結果よりは高く[72]，業種別の数値ではないものの日本政策投資銀行（2005）の結果より若干高めとなっている。また，慣例的に用いられる「15%」という値とは，隔たりのあることも分かった。

ただし，3-1の方法（R&Dと物的資本投資

[71] R&D減耗率計測に際し，医薬品では，r（ROA）の分子に「当期利益」を使ったもの（R&D減耗率は20.0％）を，電機については「事業利益」を使ったもの（R&D減耗率は25.4％）を適用した。当然のことながら，医薬品，電機ともにr（ROA）の分子に「当期利益」を使った場合，および，ともに「事業利益」を使った場合は，t値はより高くなり，母平均に差がないとする帰無仮説は棄却される。

[72] 1980年代以前の統計を用いた推計である後藤ほか（1986）や，Goto and Suzuki（1989）時よりも，技術進歩の速度が速まっていると解釈することもできる。

の限界収益率一致条件を用いたR&D減耗率の推定）においては，基準とする期待収益率（もしくは暗黙の割引率）として何を用いるかにより，結果は大きく異なる。一般的には，期待収益率として「事業利益」を分子としたROAを用いることが想定されるが，「医薬品」においてもそれを用いると，計測されるR&D減耗率は40％を超える値となる。「医薬品」では，「当期利益」を分子としたROAを用いると，他の方法による推計結果と統計的に差のない推計値が得られるが，この理由の精査については，残された課題である。

本稿にて推計された結果を用い，R&Dストック系列を作成することにより，「R&D収益率」，「R&D投資の評価」をはじめとして，幅広いR&D分析を行うことが可能となる。企業にとってのR&D戦略や，国のR&D施策を評価，検討するに際し必要な「R&D効果分析」の前提となる減耗率の計測は，研究上のみならず，現実の経済的観点からも重要な意味を持つ。

補論１　特許更新データから減耗率を推定する方法　－日本の事例への適用－

Bosworth（1978）およびそれを参考とした日本政策投資銀行（2005）の方法を踏襲し，日本の最新データを用い，R&D減耗率の推定を試みた。

データは特許庁「特許行政年次報告書」，「特許庁年報」（1998年以前）を利用し，上記統計より，「特許現存率（＝特許生存件数/特許登録件数）」および「特許登録件数」データを用い，特許生存件数を計算した。

具体的には，t: 経過年数，P_t: t年次に現存している特許数として，以下の式を推計する。

$$\ln\left(P_{t+3}/P_3\right)=\alpha+\beta t \qquad \text{(a1)}$$

ここでβが減耗率となる。なお，データの制約により1996年～1999年につき計測した[73]。結果は表6のとおりであり，1982年～1988年につき推計を行った日本政策投資銀行（2005）と同じく，技術の陳腐化率は13％～22％となっている[74]。なお，年ごとではなく，プーリングデータを適用した場合は，18％となった。

また，日本政策投資銀行（2005）と同様，減耗率の計算をもとに技術寿命を算出することも可能である。減耗に伴う技術の残存価額を原価の10％と仮定[75]すれば，減耗率βと技術寿命nの間には以下の関係が成り立つ。

$$n=\frac{\ln(0.1)}{\ln(1+\beta)} \qquad \text{(a2)}$$

（a2）式を用い技術寿命を推計すると，9年～17年程度，プーリングデータを用いると約12年との結果が得られた。

補論２　3-2における資本コストと企業価値の導出

1. 資本コストの導出

企業はt期における以下のネットキャッシュフローの期待割引現在価値を最大化し，それが当該企業の現在価値に等しいと仮定する（本文（7）式）。

---

[73] サンプル数は1996年は15年分であるが，それ以降は1つずつ減少している（1999年は12年分）。なお，日本政策投資銀行（2005）は各年のサンプル数を15年としており，Bosworth（1978）は12年としている。

[74] 今回の推計では，96年に設定された特許の減耗率が最も高く，徐々に減耗率は低下し，99年の減耗率が最も低くなっている。この結果は，82年～88年に設定された特許をもとに計測し，「減耗率は上昇傾向にある」とした日本政策投資銀行（2005）の結果とは異なっている。

[75] 税法上，固定資産の減価償却の際に取得原価の10％を以て残存価額とみなすことに倣う（日本政策投資銀行（2005））。

表６　特許更新データにより計測したR&D減耗率と技術寿命の推計

特許登録設定年	β（%）	t 値	調整済決定係数	技術寿命（年）
1996 年	-0.216	-10.21	0.896	9.4
1997 年	-0.178	-9.68	0.894	11.7
1998 年	-0.153	-9.43	0.898	13.9
1999 年	-0.126	-10.77	0.928	17.1
1996 年～99 年	-0.182	-17.29	0.869	11.5

$$\max V_t = E_t \sum_{j=0}^{\infty} \beta^j \Big[\Pi\big(K_{P,t+j}, K_{R,t+j}, K_{P,t+j+1}, K_{R,t+j+1}; p_{t+j}\big) - p^I_{t+j} I_{t+j} - p^R_{t+j} R_{t+j} \Big]$$

$$s.t.\ \ K_{P,t+j+1} = (1-\delta_C) K_{P,t+j} + I_{t+j}$$

$$K_{R,t+j+1} = (1-\delta_R) K_{R,t+j} + R_{t+j} \tag{a3}$$

この問題を検討するため，以下のラグランジュ関数を設定する。なお，I_t，R_tが制御変数であり，$K_{P,t}$，$K_{R,t}$は状態変数のためt期時点では操作不可能であるが，$K_{P,t+1}$，$K_{R,t+1}$は操作可能である。

$$\begin{aligned} L = E_t \sum_{j=0}^{\infty} \beta^j \Big[& \Pi\big(K_{P,t+j}, K_{R,t+j}, K_{P,t+j+1}, K_{R,t+j+1}; p_{t+j}\big) \\ & - p^I_{t+j} I_{t+j} - p^R_{t+j} R_{t+j} \Big] \\ & - \lambda_{t+j}\big(K_{P,t+j+1} - (1-\delta_C) K_{P,t+j} - I_{t+j}\big) \\ & - \mu_{t+j}\big(K_{R,t+j+1} - (1-\delta_R) K_{R,t+j} - R_{t+j}\big) \end{aligned} \tag{a4}$$

I_tと$K_{P,t+1}$に関し，以下が成り立つ。

$$\frac{\partial L}{\partial I_t} = -\beta^j p^I_t + \lambda_t = 0 \tag{a5}$$

$$\frac{\partial L}{\partial K_{P,t+1}} = E_t \beta^j \left[\frac{\partial \Pi\big(K_{P,t+j}, K_{R,t+j}, K_{P,t+j+1}, K_{R,t+j+1}; p_{t+j}\big)}{\partial K_{P,t+1}} \right] - \lambda_t + E_t\big[(1-\delta_C)\lambda_{t+1}\big] = 0 \tag{a6}$$

なお，いずれの場合もt期時点では$j=0$である。

上記２つの式より，t期時点で評価すると，(a5）より

$$\lambda_t = \beta^j p^I_t \tag{a7}$$

これを（a6）に代入すると，

$$E_t \left[\frac{\partial \Pi\big(K_{P,t+j}, K_{R,t+j}, K_{P,t+j+1}, K_{R,t+j+1}; p_{t+j}\big)}{\partial K_{P,t+1}} \right] - p^I_t + E_t\big[\beta(1-\delta_C) p^I_{t+1}\big] = 0 \tag{a8}$$

これより，

$$p^I_t - E_t\big[\beta(1-\delta_C) p^I_{t+1}\big] = E_t \left(\frac{\partial \Pi\big(K_{P,t+j}, K_{R,t+j}, K_{P,t+j+1}, K_{R,t+j+1}; p_{t+j}\big)}{\partial K_{P,t+1}} \right) \tag{a9}$$

最適化が満たされる場合，物的資本の資本コストC^P_tが限界利潤と等しくなることを用いれば，（a9）式より，

$$C^P_t = p^I_t - E_t\big[\beta(1-\delta_C) p^I_{t+1}\big] \tag{a10}$$

が成り立つ。

R&Dストックについても同様に考えれば，

$$C^R_t = p^R_t - E_t\big[\beta(1-\delta_R) p^R_{t+1}\big] \tag{a11}$$

となり，本文（8），(9）のジョルゲンソン型資本コスト関数が得られる。

2.　V_t式の変形

本文（10）式および（11）式は以下のように導かれる。(10）式の構成要素である$p^I_{t+j} I_{t+j}$は以下のように操作することができる。

$$\begin{aligned} E_t \sum_{j=0}^{\infty} \beta^j p^I_{t+j} I_{t+j} &= E_t \sum_{j=0}^{\infty} \beta^j p^I_{t+j} \big(K_{P,t+j+1} - (1-\delta_C) K_{P,t+j}\big) \\ &= E_t \big(\ldots + \beta^j p^I_{t+j} \big(K_{P,t+j+1} - (1-\delta_C) K_{P,t+j}\big) \\ &\quad + \beta^{j-1} p^I_{t+j-1} \big(K_{P,t+j} - (1-\delta_C) K_{P,t+j-1}\big) \\ &\quad + \ldots + p^I_t \big(K_{P,t+1} - (1-\delta_C) K_{P,t}\big) \big) \end{aligned} \tag{a12}$$

この式を，期を統一して書き換え，C_t^Pを用いると，

$$
\begin{aligned}
&E_t\sum_{j=0}^{\infty}\beta^j p_{t+j}^I I_{t+j}\\
&=E_t(\ldots+\beta^j\left(p_{t+j}^I K_{P,t+j+1}-E_{t+j}\left[\beta(1-\delta_C)p_{t+j+1}^I\right]K_{P,t+j+1}\right)\\
&\qquad+\beta^{j-1}\left(p_{t+j-1}^I K_{P,t+j}-E_{t+j-1}\left[\beta(1-\delta_C)p_{t+j}^I\right]K_{P,t+j}\right)\\
&\qquad\vdots\\
&\qquad+\left(\left(p_t^I K_{P,t+1}-E_t\left[\beta(1-\delta_C)p_{t+1}^I\right]K_{P,t+1}\right)-(1-\delta_C)p_t^I K_{P,t}\right)\\
&=E_t\left(\left(\ldots+\beta^j C_{t+j}^P K_{P,t+j+1}\ldots+C_t^P K_{P,t+1}\right)-(1-\delta_C)p_t^I K_{P,t}\right)\\
&=E_t\left(\sum_{j=0}^{\infty}\beta^j C_{t+j}^P K_{P,t+j+1}-(1-\delta_C)p_t^I K_{P,t}\right)
\end{aligned}
\tag{a13}
$$

同様に$p_{t+j}^R R_{t+j}$については，以下のとおりである。

$$
\begin{aligned}
&E_t\sum_{j=0}^{\infty}\beta^j p_{t+j}^R R_{t+j}\\
&=E_t\sum_{j=0}^{\infty}\beta^j p_{t+j}^R\left(K_{R,t+j+1}-(1-\delta_C)K_{R,t+j}\right)\\
&=E_t(\ldots+\beta^j p_{t+j}^R\left(K_{R,t+j+1}-(1-\delta_C)K_{R,t+j}\right)+\beta^{j-1}p_{t+j-1}^R\left(K_{R,t+j}-(1-\delta_C)K_{R,t+j-1}\right)\\
&\qquad+\ldots+p_t^R\left(K_{R,t+1}-(1-\delta_C)K_{R,t}\right))
\end{aligned}
\tag{a14}
$$

期を統一して書き換え，C_t^Rを用いると，

$$
\begin{aligned}
&E_t\sum_{j=0}^{\infty}\beta^j p_{t+j}^R R_{t+j}\\
&=E_t(\ldots+\beta^j\left(p_{t+j}^R K_{R,t+j+1}-E_{t+j}\left[\beta(1-\delta_C)p_{t+j+1}^R\right]K_{R,t+j+1}\right)\\
&\qquad+\beta^{j-1}\left(p_{t+j-1}^R K_{R,t+j}-E_{t+j-1}\left[\beta(1-\delta_C)p_{t+j}^R\right]K_{R,t+j}\right)\\
&\qquad\vdots\\
&\qquad+\left(\left(p_t^R K_{R,t+1}-E_t\left[\beta(1-\delta_C)p_{t+1}^R\right]K_{R,t+1}\right)-(1-\delta_C)p_t^R K_{R,t}\right)\\
&=E_t\left(\left(\ldots+\beta^j C_{t+j}^R K_{R,t+j+1}\ldots+C_t^R K_{R,t+1}\right)-(1-\delta_C)p_t^R K_{R,t}\right)\\
&=E_t\left(\sum_{j=0}^{\infty}\beta^j C_{t+j}^R K_{R,t+j+1}-(1-\delta_C)p_t^R K_{R,t}\right)
\end{aligned}
\tag{a15}
$$

（a13），（a15）式を用いることで，以下の等式が得られる（これは本文（10）式と等しい）。

$$
\begin{aligned}
&V_t\\
&=E_t\sum_{j=0}^{\infty}\beta^j\left[\Pi\left(K_{P,t+j},K_{R,t+j},K_{P,t+j+1},K_{R,t+j+1};p_{t+j}\right)-p_{t+j}^I I_{t+j}-p_{t+j}^R R_{t+j}\right]\\
&=E_t\sum_{j=0}^{\infty}\beta^j\left[\Pi\left(K_{P,t+j},K_{R,t+j},K_{P,t+j+1},K_{R,t+j+1};p_{t+j}\right)\right.\\
&\qquad\left.-C_{t+j}^P K_{P,t+j+1}-C_{t+j}^R K_{R,t+j+1}\right]+(1-\delta_C)p_t^I K_{P,t}+(1-\delta_R)p_t^R K_{R,t}
\end{aligned}
\tag{a16}
$$

超過レントを

$$
W_t=E_t\sum_{j=0}^{\infty}\beta^j\left[\Pi\left(K_{P,t+j},K_{R,t+j},K_{P,t+j+1},K_{R,t+j+1};p_{t+j}\right)-C_{t+j}^P K_{P,t+j+1}-C_{t+j}^R K_{R,t+j+1}\right]
$$

とおくと

$$
V_t=(1-\delta_C)p_t^I K_{P,t}+(1-\delta_R)p_t^R K_{R,t}+W_t
\tag{a17}
$$

が求められる（これは本文（11）式と等しい）。

補論３　Almon lag による推計の係数から求める毎期のR&Dストック減耗率

3-3節のとおり，Lev and Sougiannis（1996）はAlmon lagによる推計のもとで，R&Dのパラメータである$\alpha_{2,k}$を用い，k期のR&Dストック減耗率を以下のように推計できるとしている。

$$
\delta_k=\frac{\hat{\alpha}_{2,k}}{\sum_k\hat{\alpha}_{2,k}}\text{，（ここで，}\sum_k\delta_k=1\text{である）}
\tag{a19}
$$

本文（23）式からは，$\hat{\alpha}_{2,k}$はR&D支出の営業利益に対する弾力性であることが示される。例えばt期になされるR&D支出の１％の増加は，営業利益をt期に$\hat{\alpha}_{2,0}$％増加，$t+1$期に$\hat{\alpha}_{2,1}$％増加，$t+N$期に$\hat{\alpha}_{2,N}$％増加させ，有意となる期間全体では$\sum_{k=0}^{N}\hat{\alpha}_{2,k}$％の増加をもたらす[76]。「$t$期初時点で行うR&D投資」を考えると，$t$期およびそれ以降において営業利益を計$\sum_{k=0}^{N}\hat{\alpha}_{2,k}$％増加させ，$t+1$期初時点以降では営業利益を$\sum_{k=1}^{N}\hat{\alpha}_{2,k}\left(=\sum_{k=0}^{N}\hat{\alpha}_{2,k}-\hat{\alpha}_{2,0}\right)$％増加，最終期の$t+N$期時点では$\hat{\alpha}_{2,N}$％の増加をもたらし，それ以降は全く影響を与えない。R&D支出の営業利益に対する弾力性が「期を通じて一定」であれば[77]，期を経るに従い営業利益にもたらす利益増分効果が低下（$\sum_{k=0}^{N}\hat{\alpha}_{2,k}\rightarrow\sum_{k=1}^{N}\hat{\alpha}_{2,k}\rightarrow\cdots\rightarrow\hat{\alpha}_{2,N}\rightarrow 0$）することは，それに比例して$t$期になされたR&D支出分が減少していくと解釈

[76] なお，推計された係数のt期時点における総和が$\sum_{k=0}^{N}\hat{\alpha}_{2,k}$であり，その際，足しあわされている各期の$\hat{\alpha}_{2,k}$については，$t$期時点の現在価値で換算されている（係数に割引率が勘案されている）とみなすことができる。

[77] 最終期の$t+N$期では，$\hat{\alpha}_{2,N}\Big/\sum_{k=0}^{N}\hat{\alpha}_{2,k}$％の増加に相当する。

することができる。つまり，t期初時点で行ったR&D投資を1とすれば，1期後には$1-\delta_0$，2期後には$1-\delta_0-\delta_1$，最終期の期初の時点で$1-\sum_{k=0}^{N-1}\delta_k$となる[78]。この考え方によれば，R&D支出が各期（a19）式で示されるδ_kにより減耗していくとみることができる。その際，R&Dストック$K_{R,t}$は各期のR&D支出R_{t-k}を用い，

$$K_{R,t}=\sum_{k=0}^{N-1}R_{t-k}\left(1-\delta_k\right)$$

となる。なお，Chan, Lakonishok, and Sougiannis（2001）は，Lev and Sougiannis（1996）の結果から，R&Dストックは$K_{R,t}=R_t+0.8*R_{t-1}+0.6*R_{t-2}+0.4*R_{t-3}+0.2*R_{t-4}$と近似できるとした。

[78] もし，有意となる期間がR&D支出を行った当期のみとすれば，減耗率は100％となる（δ_0=1）。

付録1　産業別売上高研究費比率

「R&D集約型産業」として，売上高に占めるR&D比率の高さを選択基準とした。以下の表に見るとおり，特に医薬品のR&D比率の高さは突出している。

表7　産業別売上高研究費比率（平成24年調査）

	研究費／売上高
	%
全産業平均	3.28
製造業平均	4.14
医薬品製造	11.96
電子部品・デバイス	6.39
電気機械器具	5.98
電子応用・電気計測器	8.03
その他電気機械器具	5.66

資料：総務省統計局（2012）「平成24年　科学技術研究調査報告」

付録2　記述統計量

表8　推計に用いたデータの記述統計量

①　医薬品

1986-2010年度	平均	標準偏差	最小値	最大値
ROA1（分子は事業利益）	8.9%	5.2%	-15.8%	26.3%
ROA2（分子は当期利益）	3.9%	3.9%	-36.8%	19.2%
物的資本減耗率	5.9%	0.6%	1.1%	7.6%
Q（分母は有形固定資産）	8.44	8.21	0.65	70.25
調整済実質営業利益　（百万円）	37,644.3	70,180.6	-638.4	578,154.6
実質有形固定資産　（百万円）	29,912.0	30,775.1	1,498.4	322,428.6
実質広告・宣伝費　（百万円）	3,166.1	4,413.8	12.8	32,908.7
実質R&D費　（百万円）	15,884.2	30,723.0	34.1	280,748.8

②　電機

1986-2010年度	平均	標準偏差	最小値	最大値
ROA1（分子は事業利益）	4.9%	4.8%	-25.2%	36.9%
ROA2（分子は当期利益）	1.4%	5.2%	-51.4%	73.0%
物的資本減耗率	6.5%	0.8%	4.7%	9.3%
Q（分母は有形固定資産）	6.07	6.55	0.14	80.64
調整済実質営業利益　（百万円）	24,246.2	71,860.4	-43,339.9	821,238.8
実質有形固定資産　（百万円）	33,613.4	89,624.0	1.4	895,604.8
実質広告・宣伝費　（百万円）	1,303.5	4,056.8	0.8	41,396.9
実質R&D費　（百万円）	10,010.4	34,044.6	0.6	295,877.6

【参考文献】

Bernstein, J.（1989）“The Structure of Canadian Inter-industry R&D Spillovers, and the Rates of Return to R&D,” *Journal of Industrial Economics*, 37（3）, 315-328.

Bosworth, D.（1978）“The Rate of Obsolescence of Technical Knowledge - A Note,” *The Journal of Industrial Economics*, 26（3）, 273-279.

Branstetter, L.（2000）“Vertical Keiretsu and Knowledge Spillovers in Japanese Manufacturing: An Empirical Assessment,” *Journal of the Japanese and International Economies*, 14, 73–104.

Branstetter, L.（2001）“Are Knowledge Spillovers International or Intranational in Scope? Microeconometric Evidence from the U.S. and Japan,” *Journal of International Economics*, 53, 53-79.

Branstetter, L. and Y. Nakamura（2003）“Is Japan's Innovative Capacity in Decline?” in Blomstrom, M., J.Corbett, F. Hayashi, and A. Kashyap（eds.）. *Structural Impediments to Growth in Japan*, University of Chicago Press.

Chan, L., J. Lakonishok, and T. Sougiannis（2001）“The Stock Market Valuation of Research and Development Expenditures,” *Journal of Finance,* 56（6）, 2431-2456.

Cohen, M. and D. Levinthal（1989）“Innovation and Learning: The Two Faces of R&D,” *Economic Journal*, Vol. 99, No. 397, pp. 569-596.

Evenson, R. and Y. Kislev（1976）“A Stochastic Model of Applied Research,” *Journal of Political Economy*, 84（2）, 265-282.

Goto, A. and K. Suzuki（1989）“R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Industries,” *Review of Economics and Statistics*, 71（4）, 555-564.

Griliches, Z.（1980）“Return to Research and Development Expenditures in the Private Sector,” in *New Developments in Productivity Measurement*, NBER, University of Chicago Press.

Griliches, Z.（1981）“Market Value, R&D, and Patents,” *Economics Letters,* 7, 183-187.

Grilliches, Z.（1986）“Productivity, R&D, and the Basic Research at the Firm Level in the 1970's,” *American Economic Review,* 76, 141-54.

Griliches, Z and J. Mairesse（1984）“Productivity and R&D at the Firm Level,” in *R&D, Patents, and Productivity*, University of Chicago Press.

Hall, B.（1993）“The Stock Market's Valuation of R&D Investment During the 1980's,” *American Economic Review*, 83（2）, 259-264.

Hall, B.（2007）“Measuring the Returns to R&D: The Depreciation Problem,” *NBER Working Paper,* 13473.

Hall, B. and J. Mairesse（1995）“Exploring the Relationship between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms,” *Journal of Econometrics*, 65, 263-293.

Hall, B., J. Mairesse, and P. Mohnen（2010）“Measuring the Returns to R&D,” in Hall, B. and N. Rosenberg（eds.）. *Handbook of the Economics of Innovation*, North-Holland, 1033-1082.

Harhoff, D.（2000）“R&D Spillovers, Technological Proximity, and Productivity Growth - Evidence From German Panel Data,” *Schmalenbach Business Review*, 52, 238-260.

Hayashi, F. and T. Inoue（1991）“The Relation Between Firm Growth and Q with Multiple Capital Goods: Theory and Evidence from Panel Data on Japanese Firms,” *Econometrica*, 59（3）, 731-753.

Jones, C., and J. Williams（1998）“Measuring the Social Rate of Return to R&D,” *Quarterly*

Journal of Economics, 113（4）, 1119-1135.

Lev, B., and T. Sougiannis（1996）"The Capitalization, Amortization, and Value-Relevance of R&D," *Journal of Accounting and Economics*, 21, 107-138.

Lev, B., and T. Sougiannis（1999）"Penetrating the Book-to-Market, Black Box: The R&D Effect," *Journal of Business Finance & Accounting*, 26（3）&（4）, 419-449.

Los, B. and B. Verspagen（2000）"R&D Spillovers and Productivity: Evidence from U.S. Manufacturing Microdata," *Empirical Economics*, 25, 127-148.

Pakes, A., and M. Schankerman（1984）"The Rate of Obsolescence of Patents, Research Gestation Lags, and the Private Rate of Return to Research Resources," in *R&D, Patents, and Productivity*, University of Chicago Press, Chapter 4.

Peles, Y.（1970）"Amortization of Advertising Expenditures in the Financial Statements," *Journal of Accounting Research*, 8（1）, 128-137.

Scherer, F.（2010）"Pharmaceutical Innovation," in Hall, B. and N. Rosenberg（eds.）. *Handbook of the Economics of Innovation*, North-Holland, 539-574.

Scherer, F. and D. Harhoff（2000）"Technology Policy for a World of Skew-Distributed Outcomes, *Research Policy*, 29, 559-566.

Sougiannis, T.（1994）"The Accounting Based Valuation of Corporate R&D," *Accounting Review,* 69（1）, 44-68.

浅子和美, 坂本和典（1993）,「政府資本の生産力効果」『*フィナンシャル・レビュー*』26, 97-102 頁.

亀田制作，高川泉（2003），ROAの国際比較分析－わが国企業の資本収益率に関する考察，*Working Paper* 03-11, 日本銀行調査統計局

厚生労働省（2002），『「生命の世紀」を支える医薬品産業の国際競争力強化に向けて～医薬品産業ビジョン～』

後藤晃，本城昇，鈴木和志，滝野沢守（1986），研究開発と技術進歩の経済分析，『*経済分析*』第 103 号，経済企画庁経済研究所

鈴木潤（2011），日本企業の研究開発活動から商業化へのラグ構造の分析，*RIETI Discussion Paper Series*, 11-J-002.

総務省統計局（2012），『平成 24 年　科学技術研究調査報告』

日本政策投資銀行（2005），技術寿命の短期化と財務構造へ与える影響，『*調査*』，78 号

廣松毅，池田実，藤原直哉，若林芳雄（1988），計量経済分析再考，『*経済分析*』第 112 号

三井清・竹澤康子・河内繁（1995），「社会資本の地域間配分:生産関数と費用関数による推定」，『*郵政研究レヴュー*』，6, 205-261 頁

蓑谷千凰彦（1981）『経済分析における時間要素』東洋経済新報社

文部科学省科学技術政策研究所（2010），『民間企業の研究活動に関する調査報告』NISTEP REPORT No.143.

劉慕和（2005），『研究開発投資の会計処理と市場の評価』同文舘出版

The Depreciation Rate of R&D Capital Stock: Evidence from Panel Data on Japanese Pharmaceutical and Electronic Firms

Hirotsugu Sakai

Constructing the series of R&D capital stock to measure the effect of R&D requires knowledge of its depreciation rate. Nevertheless, few studies have made an attention to the depreciation rate of R&D capital stock for recent Japanese firms. Most of the previous studies have used a constant depreciation rate, usually equal to 15 percent.

In this paper, I measure the depreciation rate of R&D capital stock by using three different methodologies: First, I use the condition that the expected rate of return of physical capital equals that of R&D capital. Second, I use the condition that the marginal expected benefit of physical capital equals that of R&D capital. And third, I assume that R&D will affect current and future operating income, and infer its depreciation rate.

I construct the panel data of Japanese pharmaceutical and electronic manufacturing firms for the years 1986 to 2010. I get the estimates that the depreciation rate is about 20% for pharmaceutical firms, and about 25% for electronic firms. The estimates are rather high compared to the previous studies. And the depreciation rate of R&D capital stock is found to be different between pharmaceutical firms and electronic firms by statistical testing. These estimates can be used to construct the series of R&D capital stock, and thus make various kinds of analysis on R&D possible.

JEL Classification: O30, C23

Keywords: R&D, depreciation rate of R&D, pharmaceutical firms, electronic firms, Multiple q