

ソフトウェア開発におけるイノベーション

浜口 幸弘

1 序

ソフトウェア開発は、他の産業分野の開発プロセスと比較した場合、一般に複雑であると言われている。その主な理由として、(1)開発プロセスが流れ作業化できないため、タスクの一部しか自動化できず、大半は労働集約的な作業に依存する、(2)ソフトウェアシステムを構成するサブシステムが膨大な数に及ぶため、影響しあうサブシステム間の組み合わせも飛躍的に増大する、ことを挙げることができる。

例えば、ある開発工程 A で生成されたプロダクト(例えば、要求仕様)が次の開発工程 B に提供されるとき、Bにおいてプロダクトに何らかの変更が生じるならば、Aに戻ってプロダクトを変更し直さなければならない。また工程後半のシステムテストでは、アプリケーション中のコンポーネントの数およびその組み合わせは膨大な数になるので、考えられるすべてのテストに対して合格基準を設定することは困難である。

このような理由から、ソフトウェア開発を工場での製品生産のように一定手続きのもとで正確にプロセス化することはかなり難しい。したがって、ソフトウェア開発企業におけるイノベーション技術の採用に際しても、他の分野とは異なる性格を持つと予想される。浜口(1999;2000)では、ソ

フトウェアの体系的再利用をとりあげ、イノベーション採用としての性格を分析した。再利用技術はその範囲が明確に定まったものではなく、組織の体系的再利用に対するアプローチ方法も多岐にわたっている。例えば、単一ツールを利用する簡単なものから統合化 CASE ツールを利用する複雑なものまで存在する(McClure 1992)。今回は、再利用に比べて技術的に明確なソフトウェア開発技術である CASE ツールおよびオブジェクト指向の企業採用をとりあげ、従来からの有力要因および新たに考慮する学習関連要因を併せて採用レベルへの影響度を調査分析する。このとき、各イノベーションの採用レベルを形式的な採用レベルと実質的な運用レベルに区別することによって、多面的な分析を可能にしている。そして分析結果に基づき、ソフトウェアの再利用も含めた3つのイノベーション技術の共通性、相違性について考察する。以上まとめると、本研究の特徴は、学習関連要因からのアプローチ、イノベーション採用レベルの多面的評価、ソフトウェア開発における3つのイノベーション技術の比較にある。

2 最近のイノベーション研究の流れとモデルの検討

Zmud(1984)はプロセスに関するイノベーションを2つに分類している。1つは、process

creation（新しい方法論や手続きの開発）であり、創造するイノベーション自体が開発組織内部によってさえ十分に理解されてないという不確実性に満ちている。もう 1 つは、process diffusion（新しい方法論、ツール、または手続きの採用）である。このイノベーションは既に組織外部で十分開発されているが、それでも採用に際して、新しいプロセスと組織特有のニーズとの関係、新しいプロセスが組織の現行プロセスにうまく融合するか、さらに組織のメンバーがタスク行動の変更を受け入れるか、という点で不確実性は存在する。この 2 つの中間に位置するイノベーションも存在し、外部からイノベーションとして採用されるが、そのまま実行されるのではなく、適応化のため少なからず変更を施されるタイプである。ソフトウェアの再利用がこれに相当する（浜口 1999；2000）。

また Davenport（1993）は、開発プロセスに革新的変化を取り入れることをプロセスイノベーションと呼んでいるが、これは process diffusion を意味するものである。そして本稿でも、process diffusion（以下、「プロセスイノベーションの採用」または略して「イノベーションの採用」と記述⁽¹⁾）を対象として議論する。

そこで 80 年代以降のプロセスイノベーション研究の流れについて概括する。Chakrabarti et al.（1983）や Zmud（1983）は、イノベーションの伝播は、企業外からイノベーションを伝える情報源（例えば、公共機関、大学、企業）や伝達経路の影響を強く受けると主張している。Rogers（1983）も、イノベーションの伝播はコミュニケーションと影響のプロセスであり、この中で潜在的ユーザは、先行ユーザとのコミュニケーションを通して新技術の有用性を知らされ、採用を説得されると述べている。こうした考え方は、旧来の研究の流れに沿うものである。しかし一方

で、Mansfield（1985）は、イノベーションに関する情報が各種媒体によって広く迅速に伝えられる米国では、イノベーションの存在と潜在的利益を伝える情報源や伝達経路は、イノベーションの伝播を決定する要因にはなり得ないと指摘している。また Rosenberg（1982）は、複雑な技術を採用する場合、組織は予め影響を予測することは難しく、採用後、技術を使用しながらの長期的学習を余儀なくされると述べ、技術を使用することによる学習（learning by using）の重要性を強調している。おおよそ、この頃からイノベーション採用と学習の関係が注目され始めたと言えよう。しかし、イノベーション採用と学習を扱った実証研究は多くはない。以下では、このテーマを掲げた幾つかの実証研究の要点を示し、学習の役割を確認する。

Leonard-Barton（1988）は、新技術と組織の相互適応からイノベーションの採用を特徴づけている。組織が新技術を採用して使用するに当たり、新技術と組織の間で不適合が発生し、これを解消するために技術の適応化または組織の適応化が行われる（両方の場合もありうる）。これを図 1 のように図式化すると、新技術を採用することで組織が強いられる変化の程度と環境に適応しよう新技術が受ける変更の程度からプロセスイノベーションを位置付けることができる⁽²⁾。このとき適応化は、失敗経験を通しての組織学習と見なされ

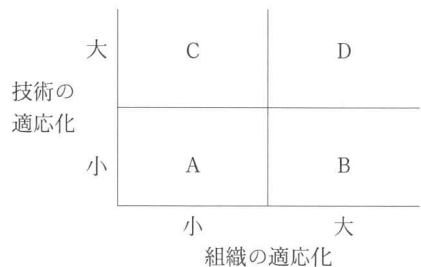


図 1 イノベーションの位置付け

る。複雑な新技術にこの枠組みを適用すると、Leonard-Barton (1988) の示す事例 (MRP II) にあるように、技術が複雑になるほど、社外開発された技術を自社で適応化するには相当の技術知識が要求され、適応化は一層難しくなると考えられる。むしろ採用に当たっては、組織の適応化で対応する方が有効だろう。なお、Ettlie et al. (1984) や Dewar and Dutton (1986) は、組織の現在の習慣 (または保有する知識) から大きく乖離したイノベーションを抜本的イノベーション (radical innovation)、延長上にとらえられるものを漸進的イノベーション (incremental innovation) と呼んでいるが、おおよそ前者は D、後者は A として位置付けられよう。

Attewell (1992) は、イノベーションの伝播に対する組織学習の重要性に着目し、ビジネスコンピューティングの普及に関する実証研究を行っている。そして組織がイノベーションを採用するとき、その技術を具現化する装置は容易に獲得できるが、技術を効果的に利用するための知識の獲得には、はるかに時間がかかり、困難を伴うと指摘している。さらに、この知識バリアを低めることがイノベーションの円滑な採用につながると述べている。Fichman and Kemerer (1997b) も、複雑なイノベーション技術の伝播では、イノベーション技術を組織に浸透させるために相当の時間を要するという理由から、イノベーション伝播を単に提供側から採用側への知識移転によって説明するのではなく、採用側におけるイノベーションを活用するために必要な専門知識の学習および学習障壁を低めるための既存の関連知識という視点から説明している。こうした主張から、イノベーション技術が複雑になるほど、組織の学習と学習障壁を低めるための既存の関連知識の保有がイノベーションの採用にとって重要要因になってくる

と考えられる。

さて以上のことを踏まえ、1980 年以降に刊行された 4 ジャーナル Management Science, Organization Science, MIS Quarterly, Research Policy に掲載の論文を対象に、「ソフトウェア開発におけるイノベーション採用」に関するすべての論文を選び出し、提案モデルの検証結果を検討する。そこで、最新の 6 つのソフトウェア開発方法——トップダウン開発、構造化設計、構造化レビュー、チーフプログラマーチーム、ユニット開発フォルダ、構成管理——(Zmud 1982; 1984)、データベース設計ツールとテクニック (Nilakanta and Scamell 1990)、オブジェクト指向技術 (Fichman and Kemerer 1997b) をイノベーションとしてあげることができる。これらはすべて、Management Science からの引用である⁽³⁾。各イノベーション採用モデルにつき、仮定される影響要因、検証結果を示すと表 1 のようになる。

この表によれば、「ソフトウェア開発におけるイノベーション採用」に関して体系的な研究は行われていなかったことがわかる。そして関連知識の保有および組織学習という学習概念を影響要因の候補に取り上げているものは、Fichman and Kemerer (1997b) のみである。しかし、この調査方法に対して以下の問題点を指摘できる。

第 1 に、企業の情報システム部門を調査対象にしているが、オブジェクト指向の必要性について考慮されていない。オブジェクト指向を必要としない情報システム部門が少なからず含まれていれば、影響要因を攪乱させることになる。need-pull 理論 (Fischer 1980; Zmud 1984) は、組織のイノベーション技術に対する必要性がその採用に影響を及ぼすと論じている。

第 2 に、従属変数であるイノベーションの採用レベルを表すために、オブジェクト指向開発を行っ

表 1 イノベーション採用に関する幾つかのモデル

採用イノベーション	仮定される影響要因	検証結果
最新のソフトウェア開発方法 Zmud (1982)	意思決定の集権化 開発方法の標準化 開発要員の流動性 技術支援グループ	× △ × ×
最新のソフトウェア開発方法 Zmud (1984)	マネジメントの支援 変化に対する受容性 問題解決必要の認識 問題解決手段の認識	○ △ × ○
データベースの設計ツール Nilakanta and Scamell (1990)	情報源 伝達経路 組織の規模 技術支援グループ	× × △ △
オブジェクト指向技術 Fichman and Kemerer (1997b)	学習関連の規模 既存の関連知識 組織の多様性	○ ○ ○

○：支持される △：ある程度支持される ×：支持されない

注：Zmud (1982；1984) は、最初の 3 つの開発方法が技術的イノベーション（残り 3 つは管理的イノベーション）であり、上の検証結果は最初の 3 つを対象としている。

ているプロジェクト数を基準にしているが、これは形式的な採用規模という一側面を表しているにすぎず、オブジェクト指向開発がどのように管理運用されているかというレベルについては調査されていない。これに対して、Zmud (1982) や Nilakanta and Scamell (1990) は、イノベーションの伝播を組織への浸透段階に応じて 3 段階のフェーズ (initiation, adoption, implementation) からとらえているが、各フェーズによって独立変数の影響力が異なるという結果が出ている。イノベーションの採用レベルは複数の側面から評価すべきであろう。

第 3 に、組織の学習という概念を導入しているが、学習規模の変数（基本的に、情報システム部門の開発要員数）を設定しているにとどまり、学習のプロセスや方法については考慮されていない。さらに、スラック資源の保有という考え方（5 章

参照）によれば、情報システム部門の開発要員が多くなれば、イノベーションの調査や試験に割り当てられる人員も多くなり（開発との兼任も含め）、結果としてイノベーション採用が促進されることになる。したがって、このような変数の設定では、イノベーション採用が組織学習によって促されるのか、人的資源の余裕によって促されるのか判別し難い。

本研究ではこうした問題点に留意しつつ、イノベーション研究に関する歴史的経緯を踏まえ、ソフトウェア開発におけるイノベーション採用を考察してゆく。

3 CASE ツールのイノベーション性

CASE (Computer-Aided Software Engineering) ツールとは、ソフトウェアエンジニアリン

グの方法論 (methodology), 技法 (method) もしくは手法 (technique) に基づく手順や作業を部分的にコンピュータ上で自動化した開発支援ツールである。竹下 (1992; 1994) によれば, 日本において単純なタスク支援を目的としたものは, 70年代頃から開発, 販売され (CASE ツールの前身), 80年代末には上流工程用の CASE ツールが, その後, 全工程支援の統合化 CASE ツールが市場に出るようになった。このように CASE ツールには複数の種類があるが, Fuggetta (1993) は支援対象となる開発タスクの範囲に従って CASE ツールを分類している。大きく分けて, 単一タスク支援用, 関連する複数タスク支援用 (例えば, 上流工程用 CASE ツール), 全開発工程支援用である。後述の CASE ツールの形式的な採用レベルを表すとき, この分類に従うことにする。

[CASE ツールを肯定的に評価した文献]

Finlay and Mitchell (1994) は特定企業 1 社をとりあげ, CASE ツールの導入により生産性, 納期, 品質の点で明らかな改善があったことを報告している。Banker et al. (1993) は 2 社の事例を示しつつ, CASE ツールの導入がソフトウェアの再利用に大きな貢献を果たしたと述べている。また, Orlikowski (1993) が調査した 2 社においても, 概ね肯定的な結果が出ている。

[CASE ツールを否定的に評価した文献]

Blackburn et al. (1996) の調査によれば, ソフトウェアの開発時間を短縮する重要要因は, 米国では, 再利用, 人材, コミュニケーション, 要求分析, プロジェクトチームの順であり, 一方日本では, 人材, プロジェクトチーム, テスト, 再利用, コミュニケーションの順になっている。CASE ツールも考慮の対象となっているが, 両方において低い評価しか得られていない。Gillies

and Smith (1994) も, CASE ツールはコーディング作業の部分的な自動化には役立つが, より高度な工程では期待されるほど使い勝手が良くないと指摘している。

また Kemerer (1992) は, 組織は統合化 CASE ツールを限られた形でしか採用しなかったり, 実装後その技術のかなりの部分を放棄する傾向があると論じている。その理由として, 統合化 CASE ツールを使って得られるパフォーマンスが従来技術によるパフォーマンスを上回るには, 一定期間が必要になる (6 カ月から 1 年位と指摘) ことを挙げている。従来の学習曲線モデル (手作業で繰り返し仕事を行う労働者のパフォーマンスを予測するために考案された) が, 統合化 CASE ツールの学習曲線モデル (繰り返しのでない仕事を行う知的労働者のパフォーマンスを予測) に適用できない点に, CASE ツールを評価する難しさがある。さらに, Frakes and Fox (1995) は実証結果を通して, CASE ツールはソフトウェアの再利用を促進する上で, 必ずしも有効な要因ではないと結んでいる。

以上の点を総合すると, CASE ツールは複雑で高度な技術であり, その採用は必ずしも開発工程の改善を保証する訳ではないが, 採用に適した条件を備える組織や効果を引き出すために何らかの適応に努めた組織は成功を収めると考えていいだろう。したがってイノベーションの性格を有していると考えられる。

4 オブジェクト指向のイノベーション性

米国でオブジェクト指向技術が研究され始めたのは 70 年代で, オブジェクト指向プログラミング言語の製品が商用化されたのは, 80 年代後半からである。最も代表的な言語は C++ であり,

これは今日まで続いている。CASE ツールと比べると、新しい技術と言える。オブジェクト指向ではデータと操作（メソッド）をカプセル化してオブジェクトとして扱い、オブジェクト間のメッセージのやり取りで処理が進行する。オブジェクト指向の定義は、オブジェクト、クラス、メッセージ受け渡し（message passing）、カプセル化（encapsulation）、継承（inheritance）、多相性（polymorphism）という機能を備えていることであり（Firesmith and Eykholt 1995）、これらの特徴はソフトウェア工学の目標である抽象化、モジュラリティ、再利用、拡張性を促進する。オブジェクト指向はソフトウェア開発方法において、産業革命をもたらす可能性をもつ（Cox 1990）という見方までもある。

さて Fichman and Kemerer は組織のオブジェクト指向採用に関して一連の研究を行っており、その内容は非常に詳しいものである。ここでは Fichman and Kemerer による論文に基づき、イノベーションの点から見たオブジェクト指向の特徴を示すことにする。

Fichman and Kemerer (1992) は、オブジェクト指向的方法論は構造化分析のような従来型方法論に対して、分析レベルおよび設計レベルともに、radical な変化を遂げていると説明している。したがって従来方法に慣れ親しんだ開発者ほどオブジェクト指向を修得するのに相当の労力を強いられることになる。

また Fichman and Kemerer (1993) は、Rogers (1983) が提案したイノベーションとしての 5 つの性質に従い、従来型開発方法と比較したオブジェクト指向の評価を以下のように与えている。

相対的優位 (relative advantage) : 高い

オブジェクト指向はソフトウェア工学において懸案だった抽象化、モジュラリティ、再利

用を促進する。

両立性 (compatibility) : 低い

従来型開発にとって代わる新しい開発方法を必要とする。再利用のために信頼度の高い明確なオブジェクトを作成する必要があり、再利用可能な部品を蓄積するリポジトリを作り、管理する必要もある。

複雑性 (complexity) : 高い

開発者がカプセル化、インヘリタンスなどの概念を修得するのに労力を要する。

試用性 (trialability) : 低い

オブジェクト指向の便益の多くはリポジトリからもたらされるが、有効なリポジトリを完成させるには長期間かかる。

可観測性 (observability) : 低い

測定基準が確立してないため、オブジェクト指向がもたらす便益を測定しにくい。

以上の評価は、オブジェクト指向が実用段階に入ってまもない頃のもので、オブジェクト指向を実際に取り入れている企業を調査した結果ではなく、理論的考察である。この後、Fichman and Kemerer (1997a) は、早期にオブジェクト指向技術を採用した 4 企業の事例研究を行っているが、次のような問題点を確認している。

第 1 に、オブジェクト指向の高い学習障壁である。オブジェクト指向のような従来型の開発技術（手続き型開発）と大きく異なる技術では、チームにオブジェクト指向の十分な経験をもつ開発者がいなければ、組織学習は時間のかかる予測しがたいものとなる。

第 2 は、オブジェクト指向による体系的再利用の難しさである。オブジェクト指向のビジョンと一致する再利用を報告した企業はなかった。再利用は行われたが、オブジェクト指向を採用しなくても達成できる基本的レベルにとどまった。結局、

オブジェクト指向は技術的な面で再利用の障壁を取り除くものの、非技術的な面の問題を解決している訳ではない。大規模な再利用を管理するための成熟したプロセスや方法論が要求される。

こうした問題に対処するために、開発者の教育や再訓練への投資とアプリケーションドメインを十分に理解した上での完全なアーキテクチャの開発を提案している。

以上の分析によれば、オブジェクト指向技術を組織的に修得することは難しいと言えるが、その機能は従来型開発にはない優れた特徴であり、上述のような問題点を適切に解決できれば大きな利益をもたらすと予想される。また今回の調査に先立ち、数社から聞き取り調査をした所、相当の期待を寄せているようであった。CASE ツール同様、イノベーションの性格を持っていると見なせよう。

5 仮説の設定とモデルの提案

まず前回調査（浜口 1999；2000）でとりあげたソフトウェアの体系的再利用と今回対象とするCASE ツールおよびオブジェクト指向技術のイノベーション性を対比する。有効性の評価という点で、再利用の場合、再利用コンポーネントを蓄積して開発に利用できるデータベースを作り上げるには長期間を要するため、再利用の有効性を短期的に評価することは困難である（Gaffney and Durek 1989; Koltun and Hudson 1991; Frakes and Terry 1996）。これに対して、CASE ツールやオブジェクト指向は相対的により早く有効性を評価できると考えられる。ただし、両技術ともに再利用を支援でき、本格的な再利用を実施すれば長期的評価を強いられることになる。また再利用は漸進的イノベーションの性格が強いという知見

を得たが、前述の議論によれば、現行の開発方法に組み入れるCASE ツールの場合、漸進的イノベーションの性格が強く、従来の開発体制や開発方法に対して大きな変更を求めるオブジェクト指向の場合、抜本的イノベーションの性格が強いと推測できる。また調査前の時点で両技術に対する判断は困難であるが、実現方法や効果において不確実性の高いイノベーション、すなわちオブジェクト指向を採用する場合と、不確実性の低いイノベーション、すなわちCASE ツールを採用する場合には、イノベーションに対する影響要因や開発組織の適応という点で違いが現れると予測できる。

本研究では、組織のイノベーション採用レベルを評価するために、表2に示すように形式的な採用レベル（採用の組織的規模など）と実質的な運用レベルに分けて考える。この分け方は、Zmud（1982）やNilakanta and Scamell（1990）の3段階フェーズとは若干異なるが、段階が進むにつれて高度な管理、運用能力が要求されるという点で共通する。すなわち一般に形式的な採用レベルよりも実質的な運用レベルの方が組織にとって実行は難しくなる。

CASE ツールの形式的な採用レベルは、組織的採用規模の代わりに、「典型的開発におけるCASE ツールの採用種類」を用いる。これは前述のように、CASE ツールには支援するタスクの規模に応じたタイプがあるので、採用規模を変数にすると段階的レベル化が困難になるからである。このとき、現行の開発方法を基礎にして開発工程の中的確に組み込まなければならないので、形式的な採用レベルと言っても、CASE ツールが複合化するほど採用は難しくなると考えられる。実質的な運用レベルとしては、「CASE ツールの管理・運用体制」と「CASE ツールによる再利用の制度化」である。特に後者は、CASE ツー

表 2 イノベーションの採用レベル

<p>CASE ツール</p> <p>形式的な採用レベル：典型的開発において採用する CASE ツールの種類</p> <p>実質的な運用レベル：CASE ツールの管理・運用体制レベル CASE ツールによる再利用の制度化レベル</p>
<p>オブジェクト指向</p> <p>形式的な採用レベル：オブジェクト指向の組織的な採用規模レベル</p> <p>実質的な運用レベル：オブジェクト指向の管理・運用体制レベル 分析・設計工程における開発方法の標準化 再利用の制度化レベル 再利用部品の品質基準の確立</p>

ルの高度な運用レベルを意味し、期待される利益も大きい (Banker et al. 1993) という理由からとりあげる。

一方オブジェクト指向の形式的な採用レベルは、Zmud (1982; 1984) の定義を参考に「組織的な採用規模」とする。システムの一部（あるいは全部）の開発を従来の開発方法（すなわち手続き型開発）からオブジェクト指向に切り替えることになるので、機能の完璧な活用を考慮しない採用であれば、以下で示す運用に比べて難しくはないと考えられる。実質的な運用レベルとしては、「オブジェクト指向の管理・運用体制」、「分析・設計工程における開発方法の標準化」、「再利用の制度化」、「再利用部品（クラス）の品質基準の確立」をとりあげる。後の 3 つはソフトウェアの再利用に関わるものである。再利用をとりあげる理由は、オブジェクト指向はソフトウェアの再利用に適した開発方法であり、再利用はオブジェクト指向がもたらす最も大きな利点の一つである (Coulange 1998) という理由による。加えて、体系的再利用を支援するのに十分一般的なシステムを開発するには、公式のオブジェクト指向分析フェーズが必要であり (Fichman and Kemerer 1997a)、再利用制度が効果的に機能するためには、再利用部品の品質保証が重要になる (Karlsson 1995 ;

Coulange 1998) という点も考慮した上での設定である。

次に、これまでのイノベーション研究から得られた成果に基づき、質問票調査の変数の一部を設定する。後述する本研究独自の変数とイノベーション採用に対する大体の影響力を比較するためである。ソフトウェア開発以外の分野も含め、イノベーション採用を扱った文献において、採用に影響を及ぼす要因を具体的に明示あるいは検証しているものには、Zmud (1982; 1984), Ettlie et al. (1984), Dewar and Dutton (1986), Nilakanta and Scamell (1990), Cohen and Levinthal (1990), Swanson (1994), Fichman and Kemerer (1997b), Rine and Sonnemann (1998) がある⁽⁴⁾。以下、各概念を列挙し、それに対応する諸変数を設定する（各変数の詳細な説明は付録参照）。

(1) 学習関連の規模 (learning-related scale)

Fichman and Kemerer による

新技術の学習に関連する全活動の規模を意味し、規模の経済のように、学習規模が大きくなるほど、相互に教え合う機会や理解を一層深める機会が増えて、1人当たりの学習コストは低減する。また学習成果を適用できる規模（機会）が大きければ、より早く学習コストを補償できる。したがって学習関連の規模が大きいほど、イノベーション採用

は促進されることになる。また学習という考え方は別に、開発組織の規模（人的資源）が大きくなるほど、イノベーション採用に割り当てられる資源が豊富になるという見方もある(Zmud 1984)。Swanson (1994) はこれをスラック資源と呼んでいる。両者の影響力の区別は簡単ではないので、まず Fichman and Kemerer (1997b) を参考に、「主力ソフト開発に携わる技術者数 (ln)」を当該変数として設定する。そして学習の役割をより明確に検証するために、後で多角的な視点から学習関連変数を設ける。

(2) 多様性 (diversity)

Dewar and Dutton; Cohen and Levinthal; Swanson; Fichman and Kemerer による

開発に関わる組織レベルでの専門知識と活動の多様性（開発するアプリケーションの種類、対応機種の種類など）を意味する。専門知識や活動の多様性が高くなるほど、イノベーション受け入れの整ったドメインが存在する可能性は高くなる。例えば、より多種類のアプリケーションを開発している方が、イノベーション受け入れの整ったアプリケーションドメインの存在する可能性が高い。また多様性の概念は個人レベルの専門知識と活動においても適用される (Cohen and Levinthal 1990)。組織レベルでの多様性を表す変数として「企業全体における開発ソフトの多様性」と「主力ソフト開発に携わる技術者数 (ln)」, 個人レベルでの多様性を表す変数として「中堅技術者の自社内の人事異動（同領域内の異動～異領域への異動）」を設ける。

(3) 既存の関連知識 (prior related knowledge)

Dewar and Dutton; Cohen and Levinthal; Swanson; Fichman and Kemerer による

イノベーション採用前に、組織や個人が既に保有しているイノベーション関連の技術知識を意味

する。組織がイノベーション採用時に直面する知識バリア (Attewell 1992) を低める役割を果たす。オブジェクト指向の場合、既存の関連知識は次のようになる。オブジェクト指向開発言語 C++ が主流であることから「C言語の使用」であり、オブジェクト指向の処理が分散システム（特に、クライアント/サーバー型）の処理に一部類似することから「分散システムの開発」であり、加えて専らシステムが小型機上で実現されることから「ワークステーションまたは PC 用のソフトウェア開発」である (Fichman and Kemerer 1997b)⁽⁶⁾。一方 CASE ツールは、ソフトウェア開発の一般的方法論である構造化分析・設計やインフォメーションエンジニアリングを前提に作られる。しかし実際のソフトウェア開発では、これらの方法論をそのまま使用することもあるが、部分的に取り込んで組織固有の方法論を確立している場合も多い (Boone et al. 1990)。したがって、既存の関連知識を表す変数は方法論の特定名称を引用するのではなく、「要求分析から設計に至る開発方法の標準化度」として表すことにする。さらに、CASE ツールによる再利用の場合には、「ソフトウェアのモジュール化推進の程度」も既存の関連知識を表す変数となる。

(4) 変化に対する組織の受容性 (receptivity toward change)

Zmud による

Zmud (1984) によれば、変化に対する組織の受容性が低いということは、技術者が新しい開発技術の導入を自分たちの独立性に対する脅威と見なして、これに抵抗することである。しかし、技術者が生産性や品質の向上につながる新技術の導入に徒に抵抗を示すとは考えにくい。新しい開発方法が単調な仕事を軽減してくれることにより、技術者は創造的な仕事に専念できるという逆の見

方も成り立つ（Orlikowski 1993）。したがって本研究では、変化に対する受容性を技術者の独立性に対する脅威の有無と結び付けない立場をとる。むしろ変化に対する受容性は、現行の開発習慣や開発指針から見たときの切り替えコストや学習障壁の高さを低められる程度を意味するものと考えられる。すなわち(3)の概念の拡張である。CASE ツールやオブジェクト指向に関して言えば、本質的にソフトウェア工学の方法論を前提に技術が成立しているため、ソフトウェア工学の知識に基づく開発習慣を実現している組織ほど、イノベーション採用に対する受容性は高くなると推測できる。そこで、「プロジェクトの日程計画および資源配分方法の標準化度」、「要求分析から設計に至る開発方法の標準化度」、「ソフトウェアのモジュール化推進の程度」、「各工程で生成される中間生産物を評価する測定基準の確立」を変数とする。

(5) 積極的技術政策 (aggressive technology policy)

Ettlie et al. ; Rine and Sonnemann による

経営上層部の技術政策の姿勢を意味する。「最新技術採用時期の業界内における位置付け（後発採用～先行採用）」、「革新的技術の導入に対する経営上層部（経営トップ、当該部門長）の関与の程度」で表す。

(6) 革新的技術の導入と管理に対する意思決定の集権化の程度 (centralization)

Ettlie et al. ; Dewar and Dutton による

この概念は必ずしも有効な影響要因であると検証されていない。しかし、組織の開発体制に大きな影響を及ぼすと考えられる抜本的イノベーションの導入に対しては、技術の導入や管理に関する意思決定権が経営上層部に集中している組織ほど、迅速に受け入れられると予想できる。他の研究結果との比較も考慮して、「革新的技術の導入と管

理のそれぞれに対して影響力をもつ主体」を変数として取り入れる。

(7) 技術支援ユニットの自社内設置 (formal technical service unit)

Ettlie et al. ; Nilakanta and Scamell による

採用したイノベーション技術の教育と推進をはかる組織内部の技術支援グループの存在を意味する。CASE ツールやオブジェクト指向採用時に上記活動を行うユニットを表す「CASE ツールの教育、推進を担う専門グループ」と「オブジェクト指向の教育、推進を担う専門グループ」を設ける。

(8) コントロール変数

コントロール変数は「資本系列」で、CASE ツールの採用に対しては、「対象機種（大型・中型機用中心か小型機用中心、集中型中心か分散型中心）」も追加する。

以上の変数は、CASE ツールおよびオブジェクト指向の採用に対しても影響を及ぼし得る可能性を持っているので、要因候補として取り入れる。

そこで、既存の実証研究およびソフトウェアの再利用（浜口 1999；2000）から検証されたことを参考に、幾つかの仮説を提案する。

ソフトウェアの再利用（浜口 1999；2000）から得られた知見は、組織におけるイノベーション技術の利用が複雑化し、そこに不確実な要素が含まれるほど、有効な影響要因の数が少なくなり、全体としてその説明力（自由度修正済 R^2 ；以下、 R^2 と略す）も小さくなることである。この知見に従えば、CASE ツールの場合、形式的な採用に比べてCASE ツールの管理・運用やCASE ツールによる再利用は、開発体制に一層の複雑さをもたらす高度利用と言えるので、次のような仮説を提案できる。

仮説 1：CASE ツールの実質的運用レベルは、

その形式的採用レベルに比べて有力な影響要因の数が減少する (R^2 は相対的に小さくなる)。

一方、オブジェクト指向の場合、若干の考慮を要する。すなわちオブジェクト指向特有の諸機能を十分に活用することを前提にしなければ(例えば、継承機能を十分活用せずに、効率の悪いオブジェクトを作成する)、組織にとってそれほど採用は難しくはないだろう。したがって形式的な採用レベルでは有効な影響要因は少ないと予想できる。一方、実質的な運用については再利用の実施を中心に評価するが、確かに従来型開発においては再利用を体系的に運用することは難しい(浜口1999; 2000)。しかし既述のようにオブジェクト指向は再利用の環境に適した機能を備えているので、オブジェクト指向における再利用の実施は従来型開発に比べれば困難でない。すなわち、試行錯誤を要する不確実な要素は相対的に少ないと考えられる。そこで仮説2を提案する。

仮説2: オブジェクト指向の実質的な運用レベルは、その形式的採用レベルに比べて有力な影響要因の数が増加する (R^2 は相対的に大きくなる)。

次に、学習とイノベーション採用に関する本研究での仮説を設定する訳だが、学習という概念は広範囲に及ぶため、開発担当者を対象とした組織的に実施される学習方法や学習活動に絞ることにする⁶⁾。そこでイノベーション採用レベルに関係すると予想される学習関連の概念として、開発組織の学習能力、情報や知識の獲得・管理・普及システム、組織による開発方法の適応化をとりあげる。なお以下では、表現の繁雑さを避けるため、各仮説の中では単にイノベーション採用レベルと記すが、仮説1と仮説2を導出した論法に従えば、仮説3から仮説8は、CASE ツールの場合、形

式的採用レベルに対して、オブジェクト指向の場合、実質的な運用レベルに対して、より当てはまると考える。以下、順を追って説明する。

開発組織の学習能力は抽象性の高い概念であり、いろいろな要素を持ち合わせているので、1つの変数で代表させることは難しい。ここではMendelson (1999) の考え方を参考にする。Mendelson (1999) は組織のIQ (Intelligence Quotient) を定義し、これと組織のパフォーマンスの関係を分析している。このIQは32個の変数を主成分分析した第1主成分であり、広範囲にわたる組織の特性をもとに、総合指標化されている。そこで、組織のIQの考え方を参考に、イノベーション採用に対する開発組織の学習能力を定義する。組織の開発能力が高く、大規模で複雑なシステムを開発しているほど組織の学習能力は高いと仮定する。組織の開発能力を表す変数として、「企業全体の情報処理技術者試験1種合格者数の割合」、「専門領域に習熟した開発者の割合」、「技術指導や開発者をリードできる中心的技術者の充足度」を取り入れる。開発システムの複雑さを表す変数として、「プロジェクトの典型的な開発期間」、「主力ソフト開発チームを構成する典型的な人数 (ln)」、「開発の中心的技術の修得の難しさ」を取り入れる。以上の6変数を総合指標化して学習能力と見なす。そこで次の仮説を提案する。

仮説3: 開発組織の学習能力が高いほど、イノベーションの採用レベルは高くなる。

情報や知識の獲得、管理、普及方法を表す変数として、イノベーション採用時の学習変数と日常の学習変数を設定する。前者は、イノベーションに関するノウハウや知識をより早く獲得しようとする組織の積極性を表し、具体的には、イノベーション採用に際しての「社員教育方法 (採用前教

育～採用後 OJT）」と「パイロットプロジェクト（ワーキンググループ）の設置」である。これらはイノベーション採用を高めると予想できる。

仮説 4：イノベーションの受け入れ準備に積極的な組織ほど、イノベーションの採用レベルが高い。

一方後者は、イノベーション関連の知識を組織的に予め保有していることがイノベーション採用レベルを高める（Fichman and Kemerer 1997b；浜口 1999）という検証結果に基づき設ける変数である。日常、組織内での技術知識の普及を推進していれば、将来イノベーションの採用に直面したとき、その関連知識を組織的に保有している可能性は高くなる（その時点で、将来採用するイノベーションとの関連性を予測するのは難しいが）。そこで技術知識の共有・伝達方法、技術者間のコミュニケーション機会、情報や知識を管理する専門ユニットの設置を調査対象とする。

技術知識の共有方法では、非公式な手段、公的文書または公的な電子ツールのうち、どれを利用するかを表す変数「技術知識を共有する手段の公式化」を設ける。技術知識の伝達方法では、非公式なコミュニケーション、公式の直接手段（集まり、教育プログラム）または公式の間接手段（文書、電子ツール）のうち、どれを主体とするかを表す変数「技術知識を伝達する中心的手段の公式化」を設ける。非公式な手段より公式の手段を確立している組織の方が偏りなく知識が浸透するので、いずれの場合もイノベーションの採用レベルは高いと推測できる。また最近の電子ツールの進歩を考慮すると、公的な手段の間で採用レベルの差はないと予想される。さらに技術知識の共有方法を公式化している組織を対象に、「共有する技術知識の管理レベル」を表す変数を設定する。技術知識の管理レベルが高いほど、正確で最新の知

識が広く普及する可能性が高いと考えられ、イノベーション採用レベルを高めるであろう。

仮説 5a：技術知識の共有方法や伝達方法では、非公式な手段より公式の手段を確立している組織の方が、イノベーションの採用レベルは高い。

仮説 5b：技術知識の共有方法を公式化している組織では、技術知識の管理レベルが高くなるほど、イノベーション採用レベルは高い。

次に、技術者間のコミュニケーション機会の頻度を示す変数として、「チームメンバー間での情報共有の程度」、「技術者間（同領域、異領域）のコミュニケーション推進度」、「開発チーム間（同系列、異系列）のコミュニケーション推進度」を設定する。ソフトウェアの再利用（浜口 1999；2000）でも検証されたように、これらは技術知識を組織的に広める有効な手段であり、採用レベルを高めると推測される。ただし、同領域（同系列）と異領域（異系列）の間で差異の有無を示すに足る根拠はないので、この点については仮説に入れないことにする。

仮説 6：技術者間のコミュニケーション頻度の高い組織ほど、イノベーションの採用レベルが高い。

さらに社内外の情報や知識を管理する専門ユニットの設置も考慮する。イノベーションの採用に対して、Dewar and Dutton(1986)は社外の伝達経路の影響力を検証できず、Nilakanta and Scamell(1990)は社内外の伝達経路や情報源の影響力を検証できなかった。確かに、前述の Mansfield(1985)の主張のように、社外の伝達経路や情報源の重要性は低くなっているかもしれない。しかし、社内で得られた技術知識を管理して普及させるようなユニットを設け、要員を充実させること

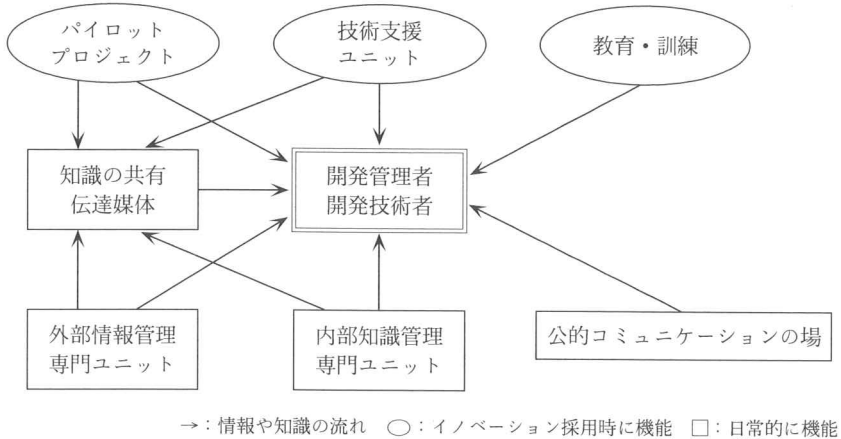


図2 知識の獲得、管理、普及のモデル

は、開発者に直接関わる知識を効果的に提供し得る。その結果、開発者からの信頼度および利用率が高まり、イノベーション関連技術の普及可能性が増して、イノベーション採用レベルが高くなると推測できる。そこで本調査では、Nilakanta and Scamell の調査項目にはない「社内の技術知識を管理し、普及させる専門部署」と「社外から技術情報を取り入れ、広報する専門部署」を比較すべき変数として設定し、以下の仮説を提案する。

仮説7：社外からの技術情報を獲得して広報するユニットを設けることよりも、社内で得られた技術知識を管理して普及させるユニットを設けることの方がイノベーション採用レベルを高める。

以上の変数間の関係は図2のように図示できる((7)の技術支援ユニットも含む)。

CASE ツールやオブジェクト指向を採用して学習が進むにつれ、組織は開発体制や開発方法の変更、すなわち適応化を行う可能性がでてくる。ソフトウェア開発に関する組織の適応化を調査した研究は少ないが、その中でOrlikowski (1993) は同じ種類の CASE ツールを採用する特定2社

を対比することにより、開発工程に起こる適応は、CASE 技術だけでなく、制度的（環境、組織、開発部門）背景、主要プレイヤーの意図と行動の複合的相互作用によってもたらされると論じている。しかし、これら要因の影響力の相対的強さについては触れていない（ある特定要因の影響が強く、他は無関係の可能性もある）。本研究では対象を絞り、イノベーション採用レベルと開発方法の適応化の関係を探ることにする。CASE ツールとオブジェクト指向において、おおよそ共通する期待効果は現行の開発工程を効率化して、開発期間、品質、生産性を改善することにある。こうした効果もたらされることで変更の可能性が生じる開発方法は、「プロジェクトの日程計画および資源配分の方法」、「各工程で生成される中間生産物の評価方法」、「プロトタイピングの実施方法」である。イノベーションの採用レベルが高い組織ほど、それだけ効果または影響も大きくなるので、開発方法を変更する傾向が強くなると推測できる。また、採用レベルを高めるために、開発方法を変更する可能性もあるので、両者の影響関係は単方向とは限らないだろう。一方、イノベーション採用レベルが高くても開発方法を変更しない組織も

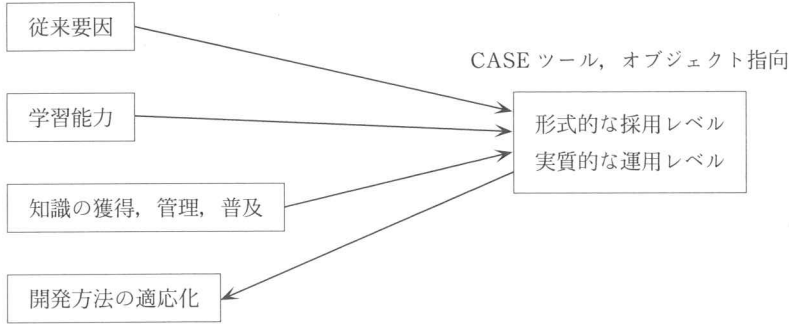


図 3 イノベーション採用モデル

あり得る。既にイノベーション技術に適した開発方法を実施しているか、または不適合があっても現行方法を変更できない組織である。しかし、こうした組織は相対的に少ないと考え、次の仮説を提案する。ただし、今回は質問項目の設定上、厳密な検証は難しいので、単方向の表現とする。

仮説 8：イノベーションの採用レベルが高い組織ほど、開発方法を適応化する傾向が強くなる。

以上の議論をまとめると、図 3 のモデルを提案できる。そして線形回帰分析を利用して、変数間の関係を分析する。ただし、因果性の点から開発方法の適応化は別途扱う。

6 調査方法

調査対象となる企業は、1998 年度のソフトウェ

ア開発による売上高（受注ソフトウェア開発による売上高とパッケージ開発による売上高の合計）が 2 億円以上で、かつ開発技術者の数（自社のシステムエンジニアとプログラマの合計人数）が 30 人以上のソフトウェア開発企業である。対象とするソフトウェア開発に関しては、「少なくとも主要部分は自社開発するソフトウェアの中で、売上高の最も高い開発分野に属すソフトウェア全体」を主力ソフト系列と呼んで、主力ソフト系列の代表的な開発について回答を求める。質問票に掲載する質問項目の概要は表 3 に示すとおりである（詳細は付録参照）。

前回の調査企業（浜口 1999）を中心に、新たに情報サービス企業台帳から上記の条件を満たす企業を任意選択し、2000 年 10 月に 220 社の企業に質問票を送付した。依頼した回答者は、主力ソ

表 3 測定変数

[概念の定義]

オブジェクト指向：

代表的オブジェクト指向言語は C++、Java である。Visual Basic については、今回の調査時点では継承機能を備えていないので、別扱いでの回答になる。

再利用部品：

自社内で作成され、再利用されるコンポーネント（要求仕様、設計、コードのうち、方法的に最も確立したもの）オブジェクト指向の場合は、オブジェクト（クラス）の再利用

以下では特に明示しない限り、主力ソフト系列の代表的開発を対象にする。

[組織・開発の特性を表す変数]

- 企業の資本系列（独立系、メーカ系、ユーザ系）
- ソフトウェア開発の規模と経験

企業全体の技術者数⁽⁷⁾ (ln)

主力ソフト開発に携わる技術者数 (SE とプログラマーの合計) (ln)

主力ソフト開発の経過年数

- 企業全体における開発ソフトの多様性 (6つの型)
- 主力ソフトの取引形態, 開発分野, 使用言語, 対象機種, 担当開発工程の範囲
- プロジェクト管理
 - プロジェクトの日程計画および資源配分方法の標準化度
 - 要求分析から設計に至る開発方法の標準化度
 - 各工程で生成される中間生産物を評価する測定基準の確立
- 技術的開発基準の採用
 - プロトタイプング手法の公的確立
 - ソフトウェアのモジュール化推進の程度
- 技術導入政策
 - 最新技術採用時期の業界内における位置付け (1: 後発採用 ~ 5: 先行採用)
 - 革新的技術の導入に対する経営上層部 (経営トップ, 当該部門長) の関与の程度
- 革新的技術に対する意思決定の集権化の程度
 - 革新的技術の導入に対して影響力をもつ主体
 - 革新的技術の管理に対して影響力をもつ主体
 - (経営トップ, 経営上層部, 専門部署, プロジェクトマネージャ, 開発リーダーから一つ選択)
- 組織の開発能力
 - 技術指導や開発者をリードできる中心的技術者の充足度
 - 専門領域に習熟した開発者の割合
 - 企業全体の情報処理技術者試験 1 種合格者数の割合⁽⁷⁾ (全技術者数に占める累積合格者数の割合)
- 開発システムの複雑さ
 - プロジェクトの典型的な開発期間
 - 主力ソフト開発チームを構成する典型的な人数 (ln)
 - 開発の中心的技術の修得の難しさ
- 人材の育成
 - 若手技術者に対する教育・訓練方法 (1: OJT 重視 ~ 5: 教育プログラム重視)
 - 中堅技術者の自社内の人事異動 (1: 同じ領域内の異動 ~ 5: 異なる領域への異動)
 - 革新的技術の採用に対する, 社員教育 (1: 採用前教育 ~ 3: 採用後 OJT)
- 組織内コミュニケーション
 - チームメンバー間での情報共有の程度
 - 技術者間 (同領域, 異領域) のコミュニケーション推進度
 - 開発チーム間 (同系列, 異系列) のコミュニケーション推進度
- 技術知識とノウハウの日常管理
 - 技術知識を伝達, 普及させる中心的手段の公式化 (カテゴリー別)
 - 社内の技術知識を管理し, 普及させる専門部署の設置 (3 段階)
 - 社外の技術情報を取り入れ, 広報する専門部署の設置 (3 段階)
 - 技術知識を共有する手段の公式化 (カテゴリー別)
 - 共有する技術知識の管理レベル (登録基準, 検索方法, 知識の妥当性チェック, 知識の体系化, 利用者の意見のフィードバック: 実施の数を合計点数化)
- 革新的技術の採用, 推進をはかるパイロットプロジェクトまたは技術支援ユニットの設置
 - 革新的技術の採用に対する, パイロットプロジェクトの設置
 - CASE ツールの教育, 推進を担う専門グループの設置 (有/無)

オブジェクト指向の教育、推進を担う専門グループの設置（有/無）

[CASE ツールの採用レベルを表す変数]

- ・典型的開発における CASE ツールの採用種類（7 段階）
- ・CASE ツールの開発上の重要度
- ・CASE ツールの管理・運用体制レベル
- ・CASE ツールによる再利用の制度化レベル（7 段階）

[オブジェクト指向の採用レベルを表す変数]

- ・オブジェクト指向の組織的な採用規模（7 段階）
- ・オブジェクト指向の開発上の重要度
- ・オブジェクト指向の管理・運用体制レベル
- ・分析・設計工程における開発方法の標準化
- ・再利用の制度化レベル
- ・再利用部品の品質基準の確立

[CASE ツールの採用によって変化のあった開発方法]

- ・日程計画と資源配分、工程中の中間生産物の測定、プロトタイピングについて、明確な変化のあったものを選択（複数可）：選択数を合計点数化

[オブジェクト指向の採用によって変化のあった開発方法]

- ・日程計画と資源配分、工程中の中間生産物の測定、プロトタイピングについて、明確な変化のあったものを選択（複数可）：選択数を合計点数化

* 上記で特に明示しないものは、5 段階の回答項目を与えている。段階毎の回答項目では、選択番号の増加につれて変数の示す段階が上がってゆく。

フト系列を開発する組織の管理者（または統括責任者）である。その結果、127 社の企業から回答が寄せられた。

7 結果

質問票調査の結果から、主力ソフト系列の代表的開発において、従来型開発（オブジェクト指向以前の手続き型開発）を中心とする企業は 124 社、オブジェクト指向開発を中心とする企業は 2 社であった^⑧。主力ソフトは 120 社が受託開発で、6 社がパッケージ開発である。そして自社で担当する開発工程の範囲は、約 90%の企業が全工程、約 8%が分析・設計工程、残りがコーディング・テストとなっている。

この有効回答 126 社のうち、CASE ツールの採用について重要度は低いと回答した企業は 20 社であり、オブジェクト指向の採用について重要

度は低いと回答した企業は 6 社であった。したがって、形式的な採用レベルの分析対象は CASE ツールが 106 社、オブジェクト指向が 120 社となる。さらに、CASE ツールを利用している（試験的利用も含む）企業 67 社が CASE の実質的運用レベルの分析対象となる。一方、オブジェクト指向を採用している（試験的採用も含む）企業 92 社が、管理・運用体制の確立、分析・設計工程の標準化、再利用の制度化の分析対象となり、このうち制度的再利用を実施している（試験的実施も含む）企業 61 社が部品の品質基準の確立に関する分析対象となる。なお、他のオブジェクト指向言語を採用せず、Visual Basic（表 3 参照）のみ採用し、これを組織的にオブジェクト指向と認めている企業 10 社も上記 92 社の中に含めるものとする。

以上の企業に対して、表 3 の変数に関する相関分析、t 検定または回帰分析を行った結果が表 4

表4 コントロール変数

資本系列	独立系	メーカー系	ユーザ系	その他
社	75	19	27	5

対象機種	大型・ 中型機	小型機	集中型 中心	分散型 中心
社	82	43	40	86

オブジェクト指向の採用規模（平均スコア）	
集中型中心（35社）3.37	分散型中心（85社）4.19

から表16である。このとき回帰モデルの評価については、各イノベーション採用モデルの決定係数 R^2 （独立変数による説明の程度）を比較するために、この値が最大になるような独立変数の組み合わせを選択する。

まず、コントロール変数（オブジェクト指向の場合、「対象機種」はコントロール変数でない）について検討すると、全126社に対しての内訳は表4のようになる。そして各カテゴリー毎に、各イノベーションに対応する対象企業を求め、イノベーション採用の平均スコアに対してt検定または分散分析を行った。その結果、表4に示すように、オブジェクト指向の採用規模においてしか有意な結果（5%）が得られなかった。統計学上、積極的には言えないものの、これらの変数はイノベーションの採用にあまり影響しないと見なせよう。

次に、従来からイノベーションの採用に影響を及ぼすと論じられてきた概念、学習関連の規模、多様性、既存の関連知識、変化に対する組織の受容性、積極的技術政策、革新的技術の導入と管理に対する意思決定の集権化、および技術支援ユニットの自社内設置について、その影響の程度を検討してゆく。

学習関連の規模について、表5、表15および表16から、特にCASEツールの採用種類および

オブジェクト指向の採用規模に影響を及ぼし得るが、既述のように人的資源の余裕という可能性も考慮する必要がある。よって後述する学習関連変数のところで、再度検討を試みる。多様性については、表5、表9、表15および表16から、「主力ソフト開発に携わる技術者数」以外の変数は影響要因とは言えない。この変数は学習関連の規模と同じなので、後の学習関連変数と併せて検討する。既存の関連知識は、表4、表6、表7、表15および表16から判断して、CASEツールの採用全般、オブジェクト指向の採用規模にとっておおよそ影響要因と言えるが、顕著なものではない。関連知識の保有だけでは採用レベルを高める上で、限りがあると推測される。本研究で定義した既存の関連知識は、変化に対する組織の受容性へと概念的に拡張される。そこで表6、表15および表16を見ると、変化に対する組織の受容性を表す変数は、イノベーション全体にわたって強く影響を及ぼしている。これらの変数は工学的的方法論に則った開発管理を表すもので、単なる技術知識の保有ではなく、技術知識が組織的に十分に浸透した開発文化や開発原則に関わるものである。したがって、関連知識を保有しているだけでなく、ソフトウェア工学の知識に基づく開発習慣や開発指針を実現していることが、変化に対する組織の受容性を高め、すなわちイノベーション採用に対する知識バリアを低めて、採用レベルを高めると見なせる。次に、表8、表15および表16から積極的技術政策を表す「最新技術の採用時期」は、どのような種類のCASEツールを採用するかに影響を及ぼす。すなわち、日頃の技術動向を熱心に観察する組織ほど、高いレベルのCASEツールを選択する傾向がある。もう一方の「革新的技術の導入に対する経営上層部の関与」は、再利用オブジェクトの品質基準の確立を除いて、他とは無関係であ

表 5 相関係数（開発の規模と多様性）

	主力ソフト 技術者の数	プロジェクト の典型的規模	プロジェクト の典型的期間	主力ソフト 開発年数	開発ソフト の多様性
採用種類	.388**	.218*	.101	.098	.029
管理運用	.205	-.105	.075	.034	-.304*
再 利 用	.335**	.177	.190	-.008	-.108
採用規模	.319**	.059	.097	.135	.024
管理運用	.034	-.054	.023	-.019	-.092
分析設計	.271**	.170	.181	.084	-.087
再 利 用	.233*	.141	.062	-.002	-.013
品質基準	.060	.223	.105	-.154	-.040

上段 3 項目

採用種類：採用している CASE ツールの対象タスクの規模（106 社）

管理運用：CASE ツールの管理・運用体制の確立（67 社）

再利用：CASE ツールを利用した再利用の制度化（67 社）

下段 5 項目

採用規模：オブジェクト指向の組織的採用規模（120 社）

管理運用：オブジェクト指向の管理・運用体制の確立（92 社）

分析設計：オブジェクト指向開発の分析・設計工程の標準化（92 社）

再利用：オブジェクト指向における再利用の制度化（92 社）

品質基準：オブジェクト指向再利用部品の品質基準確立（61 社）

*:p < 0.05 ** :p < 0.01（両側検定）

表 6 相関係数（開発管理関連）

	計画の 標準化	中間物の 測定基準	プロトタイプ イピング	モジュール 化推進	開発方法 の標準化
採用種類	.411**	.275**	.257**	.308**	.335**
管理運用	.121	.330**	.252*	.295*	.278*
再 利 用	.176	.252*	.177	.363**	.093
採用規模	.141	.067	.164	.194*	.129
管理運用	.267*	.278**	.243*	.291**	.324**
分析設計	.420**	.254*	.296**	.332**	.486**
再 利 用	.391**	.181	.148	.218*	.393**
品質基準	.476**	.348**	.425**	.400**	.495**

る。イノベーション採用と経営上層部の関与は一樣な関係でないことを意味している。革新的技術の導入と管理に対する意思決定の集権化は、抜本的イノベーションすなわち組織の開発体制に少なからず影響を及ぼすようなイノベーションの採用には、意思決定の集権化が寄与するという予想のもとに設けたが、表 8 からほとんど関係ないと判断できる。イノベーションの採用に当たっては、経営上層部よりも開発技術者の意見が強く反映さ

れる企業もあるということであろう。表 11、表 15 および表 16 から技術支援ユニットの自社内設置は、両イノベーションの採用にとって大きな影響要因である。これは後述の学習関連要因と関係するので、そこで考察する。

次に、各仮説の妥当性を検討する。表 15 によれば、CASE ツールの場合、R² は同じ位の値を示している。しかし実質的運用レベル（特に、再利用）は形式的採用レベルに比較して、有意な相

表7 相関係数（学習能力関連）

	中心技術者の充足度	専門領域習熟者の割合	1種合格者の割合	技術修得の難しさ	C言語の使用
採用種類	.185	.137	.036	.192	
管理運用	.175	.175	.195	.095	
再 利 用	.224	-.046	.175	.088	
採用規模	.138	.083	.085	.037	.326**
管理運用	-.015	.163	.089	.058	.015
分析設計	.188	.311**	.214*	-.057	.131
再 利 用	.226*	.217*	-.046	-.099	.195
品質基準	-.045	.022	-.007	.097	.074

表8 相関係数（技術導入政策と集権化）

	最新技術採用時期	革新的技術導入への関与		革新技術導入の集権化	革新技術管理の集権化
		経営トップ	当該部門長		
採用種類	.355**	.181	.237*	.051	-.044
管理運用	.000	.229	.218	.028	-.034
再 利 用	.230	-.076	.063	-.143	.166
採用規模	.224*	.111	.105	.125	.049
管理運用	.221*	.059	.152	-.107	-.065
分析設計	.276**	.180	.100	-.071	-.086
再 利 用	.217*	.149	.053	-.058	-.066
品質基準	-.016	.293*	.341**	.118	.102

関をもつ変数の数は少なく、相関係数は技術支援ユニットの場合を除いて小さい傾向にある。これはソフトウェアの再利用におけるより高度な運用レベル（再利用部品の作成および適応化のための評価基準設定）でも認められた特徴である（浜口1999；2000）。一方、表16を見ると、オブジェクト指向の場合、管理・運用体制の確立を除き、実質的運用レベルのR²は形式的採用レベルのR²より大きい。管理・運用体制のR²が小さい理由としては、本質的に新しい方法論であるため、特に、管理や運用において不確定な要素を多く伴うことによる。以上のことから、仮説1と仮説2はそれぞれ部分的に支持される。

仮説3について、まず学習能力を表す6変数について主成分分析を行ったところ、第1主成分の寄与率は28.9%で全体の説明力は弱く、総合指標

表9 相関係数（人材教育・異動）

	若手技術者の教育方法	中堅技術者の社内人事異動	革新的技術に対する教育
採用種類	.041	.016	-.198*
管理運用	-.266*	.022	-.131
再 利 用	-.130	.007	-.086
採用規模	.041	.078	-.009
管理運用	.123	-.068	-.142
分析設計	.085	-.124	-.179
再 利 用	-.008	.034	-.043
品質基準	.005	-.124	-.153

として利用できない結果となった。そこで開発能力を表す3変数についても同分析を行ったが、第1主成分の寄与率は52.0%と低い値であった。よって学習能力の総合指標化には無理がある。そこで次に、表5と表7の開発能力および開発システムの複雑さを表す変数を個別に見ると、すべてのイノベーション採用レベルとほとんど相関がない。

特に、開発能力の中心をなすとも言える情報処理技術者試験1種合格者の割合は、前回のソフトウェアの再利用（浜口1999；2000）同様、イノベーション採用に影響を及ぼしていない。したがって、本研究で定義した学習能力はイノベーションの採用に対する説明力が弱く、仮説3は支持されない。

表9、表15および表16から、イノベーションの採用に際しての社員教育（採用前教育～採用後OJT）は、全く影響を与えていない。Hippel and Tyre（1995）の調査によれば、ある企業が新技術導入後に問題点を発見したケースでは、導入以前に解決可能であった場合が過半数を占めている。これは技術使用を伴わない導入前学習の難しさを示している。本調査の場合も同様に、実際の経験を伴わない導入前の社員教育は、イノベーションの促進に必ずしもつながらずではないと考えられる。これに対して、表11によれば、パイロットプロジェクト（またはワーキンググループ）の設置は各イノベーションに対して有力な影響要因となっている。これは技術支援ユニットの設置と同じような傾向を示している。パイロットプロジェクトの新技術に対する直接経験を通してノウハウが蓄積し、組織全体に広まるからであろう。したがって仮説4は部分的に支持される。

仮説5aについて、表13、表15および表16か

ら技術知識の伝達方法では、公式な手段の確立（直接手段と間接手段では1つも有意な差がないので、両者をまとめた）がイノベーション採用におおよそ影響を及ぼしていると思わせる。個人同士の非公式な伝達方法が中心では、イノベーション採用を促すための知識普及には適さないと考えられる。知識の伝達は組織的に取り組む必要がある。次に、表12によれば、技術知識の共有方法はほとんどの組織が公式化しているため、公式と非公式を比べる意味は小さい。そこで、公式の知識共有手段を持つ企業に対して、共有する技術知識の管理レベルとイノベーション採用の相関関係および表15、表16を見ると、管理レベルはオブジェクト指向における再利用の制度化と部品の品質基準の確立に影響を及ぼしている。以上のことから、仮説5aと仮説5bはほぼ支持されよう（強くはないが）。

表10、表15および表16によれば、同じ専門領域または同系列の技術者間交流に対して、仮説6はほぼ支持される。一方、異領域や異系列の場合は支持されない。開発分野によって、異分野と交流する価値が変わるからと思われる。このように同じ専門領域に属す技術者間の日常のコミュニケーションは、イノベーション採用前に関連技術を組織的に広める可能性を増すだけでなく、イノ

表10 相関係数（コミュニケーション）

	チーム内 情報共有	技術交流会		チーム間交流	
		同領域	異領域	同系列	異系列
採用種類	.180	.347**	.256**	.326**	.188
管理運用	.083	.118	-.049	.131	.267*
再利用	.085	.067	.151	.087	.034
採用規模	.257**	.191*	.164	.077	.116
管理運用	.099	.292**	-.052	.287**	.157
分析設計	.212*	.191	.071	.234*	.139
再利用	.162	.149	.134	.109	.149
品質基準	.188	.419**	.235	.360**	.321*

表 11 相関係数 (技術ユニット関連)

	社内知識管理ユニット	社外情報管理ユニット	パイロットプロジェクト	CASE支援ユニット	オブジェクト支援ユニット
採用種類	.269**	.107	.352**	.243*	
管理運用	.199	.256*	.335**	.472**	
再利用	.247*	.104	.120	.511**	
採用規模	.249**	.164	.159		.099
管理運用	.156	.066	.412**		.229*
分析設計	.425**	.324**	.518**		.351**
再利用	.257*	.108	.294**		.414**
品質基準	.309*	.287*	.328**		.250

注：CASE支援ユニットはすべて67社を対象とし、オブジェクト支援ユニットは採用規模から再利用までが92社、品質基準は61社を対象とする。

表 12 技術知識の共有

全126社について、知識共有手段の内訳

非公式	公式(文書)	公式(電子ツール)
25	9	92

(社)

共有手段	CASE			オブジェクト指向				
	採用種類	管理運用	再利用	採用規模	管理運用	分析設計	再利用	品質基準
非公式	17	6	6	22	13	13	13	6
	2.71	2.83	3.17	3.27	2.23	1.92	1.69	2.00
公式(電子)	82	55	55	90	72	72	72	50
	3.88*	2.35	3.56	4.07	2.40	2.39	2.36	2.38

注：各上段は企業数、下段は平均スコア

公式の知識共有手段を設ける企業に対し、共有知識管理レベルとの相関関係

	CASE			オブジェクト指向				
	採用種類	管理運用	再利用	採用規模	管理運用	分析設計	再利用	品質基準
共有知識	88	60	60	97	78	78	78	54
管理レベル	.276**	.245	.266*	.242*	.168	.285*	.350**	.389**

表 13 技術知識の伝達

伝達手段	CASE			オブジェクト指向				品質基準
	採用種類	管理運用	再利用	採用規模	管理運用	分析設計	再利用	
非 公 式	26	12	12	28	20	20	20	9
	2.92	2.17	2.17	3.61	2.25	1.85	1.65	2.00
公 式（直接）	50	37	37	59	45	45	45	32
	4.14	2.51	3.95	3.97	2.42	2.42	2.44	2.16
公 式（間接）	28	16	16	31	25	25	25	19
	3.54	2.25	3.31	4.16	2.44	2.52	2.48	2.74

注：各上段は企業数、下段は平均スコア

伝達手段	CASE			オブジェクト指向				品質基準
	採用種類	管理運用	再利用	採用規模	管理運用	分析設計	再利用	
非 公 式	2.92	2.17	2.17	3.61	2.25	1.85	1.65	2.00
公 式	3.92*	2.43	3.75**	4.03	2.43	2.46*	2.46**	2.37

表 14 開発方法の変更

CASE 開発方法	日程計画と 資源配分	工程中の中間 生産物の測定	プロトタイプ イピング
変更なし	44	55	60
変更あり	23	12	7
オブジェクト 開発方法	日程計画と 資源配分	工程中の中間 生産物の測定	プロトタイプ イピング
変更なし	73	82	64
変更あり	19	10	28

(社)

開発方法	CASE			オブジェクト指向				品質基準
	採用種類	管理運用	再利用	採用規模	管理運用	分析設計	再利用	
変 更 な し	28	28	28	40	40	40	40	22
	4.61	2.11	2.93	4.47	2.28	2.13	2.10	1.91
1 つ で も 変 更 あ り	39	39	39	52	52	52	52	39
	5.51**	2.59*	3.87*	4.88*	2.48	2.48	2.40	2.51*

注：各上段は企業数、下段は平均スコア

表 15 CASE ツール採用の説明モデル

	採用種類	管理運用	再利用
説明変数	β	β	β
主力ソフト技術者の数	.332**		
最新技術採用時期	.198*		
中間物の測定基準		.182*	
モジュール化推進	.107		.207*
同領域技術交流会	.188*		
パイロットプロジェクト	.168*	.232*	
技術支援ユニット		.387**	.374**
知識伝達手段の公式化			.258**
F 値	11.06**	9.92**	10.32**
adjusted-R ²	.326	.288	.304

β : 標準化偏回帰係数 (片側検定)

表 16 オブジェクト指向採用の説明モデル

	採用規模	管理運用	分析設計
説明変数	β	β	β
主力ソフト技術者の数	.215**		
分散システム開発	.158*		
C 言語採用	.245**		
モジュール化推進		.178*	
開発方法の標準化			.277**
チーム情報共有	.164*		
同領域技術交流会	.128	.171*	
パイロットプロジェクト		.317**	.236*
社内知識管理ユニット			.238**
技術支援ユニット			.124
F 値	7.70**	8.88**	14.58**
adjusted-R ²	.221	.206	.374

	再利用		品質基準	
説明変数	β	β	β	β
計画の標準化		.292**	.299**	.290**
モジュール化推進			.221*	.148
開発方法の標準化	.285**			
技術導入関与 (部門長)			.174	.200*
同領域技術交流会			.290**	.277**
技術支援ユニット	.337**	.272*		
知識伝達手段の公式化	.153*	.196*		
共有知識管理レベル		.137		.197*
F 値	12.40**	9.33**	9.79**	8.88**
adjusted-R ²	.278	.308	.370	.426

注: 知識の共有手段を公式化している全企業に対し、変数「共有する技術知識の管理レベル」を追加して分析した結果、オブジェクト指向の再利用と品質基準のみ adj-R² が最初の結果より大きくなったので、それぞれ右側に記した。

バージョン採用後も、チームや個人が技術使用経験を通して得た問題点やその解決策、また工夫を関係者に普及させる働きをもつと推測できる。

表 11、表 15 および表 16 から、仮説 7 は弱いながらも支持される。社内で得られた技術知識を管理して普及させるユニットを設けることは、社外からの技術情報を獲得して広報するユニットを設けることよりも、イノベーション採用レベルをおおよそ高めると言える。

ここで、前述の多様性について再考する。一連の仮説の検証を通して、学習関連変数に有力な影響要因が多いという結果が得られたことから、学習関連の規模がイノベーション採用に影響を及ぼすと推測できる。さらにイノベーション採用時のパイロットプロジェクトの設置や技術支援ユニットの設置は、人的資源の余裕がないと難しいので、人的資源の余裕もイノベーション採用レベルに寄与すると考えられる。そこで、ソフトウェアの再利用（浜口 1999；2000）において多様性の影響は弱かったことを加味して、総合的に判断すると、CASE ツールとオブジェクト指向の採用を促す上で、多様性の影響は弱いと推測できる。

表 14 によれば、CASE ツール、オブジェクト指向ともに、少なくとも 1 つの開発方法を変更している企業数は同じ位の割合を占めているので、比較は無理がないと考えられる（両者ともに、2 つ以上変更している企業数は変更企業の 10% 未満なので、「少なくとも 1 つの変更」企業にまとめた）。このとき、仮説 8 は CASE ツールの場合ほぼ当てはまるが、オブジェクト指向については若干当てはまらない。そこで、各イノベーションの平均採用レベルと開発方法の変更の有無に見られる相違の理由を推察する。CASE ツールの場合、現行開発（ほぼ全ての企業は手続き型開発が中心）のもとで開発工程に組み入れることになる

ので、オブジェクト指向に比べて利用方法がはっきりしているからと推測される。一方、オブジェクト指向の場合、従来型開発と本質的に異なる開発方法論を採用するために、管理運用体制を確立する上で、より大きな不確実さを伴うからと推察される。

今回の調査から、前回のソフトウェアの再利用に関する調査と同様、特定の強い影響要因は確認できなかった。技術的に高度なイノベーションの採用に当たっては、複数の要因同士が複合的に作用しているからであろう。これはソフトウェア開発特有のものか、他の分野におけるイノベーション採用についても見られるものか、判断し難いが、本稿における各参考文献の分析結果は多様である。特定の強い要因が常に存在する訳ではない。

8 議 論

今回の調査では、ソフトウェア開発におけるイノベーションの採用（CASE ツールとオブジェクト指向）を促す幾つかの要因および開発方法の適応化に影響を及ぼす要因が検証された。前者は次の(1)から(5)、後者は(6)である。これらの要因は両イノベーションにはほぼ共通して確認される。

- (1) 同じ専門領域に属す技術者間の日常交流
- (2) 技術知識を伝達する中心的手段の公式化
- (3) 社内で獲得された技術知識を管理し、普及するユニットの設置
- (4) イノベーション採用時のパイロットプロジェクト、技術支援ユニットの設置
- (5) 変化に対する組織の受容性（工学的的方法論に基づく開発方法）
- (6) イノベーションの採用レベル

上記の(1)から(4)は、イノベーション採用前あるいは採用時に、関連知識や経験に基づく知識を

組織内に普及させる公的システムを意味している。前述のように、既存の関連知識の重要性は検証されているので、妥当な影響要因であろう。しかし、(5)は再考する余地がある。イノベーション技術を採用することによって、その技術次第では開発者としての地位が脅かされ、受け入れが拒否されるという説 (Zmud 1984) がある。ところが、日本のソフトウェア開発業界の場合、慢性的な人材不足に陥っている状況 (浜口 1999) を考えると説得力に欠けてしまう。むしろ、開発担当者が旧来の方式や技術にこだわって受け入れに抵抗を示す、あるいは消極的にしか利用しないという可能性はある。この問題については今回取り上げなかったが、今後アプローチする必要がある。

(6)については、さらにイノベーションを採用する際に伴う不確実性の点からも考慮しなければならない。今回の調査では、必ずしも完全な検証に至っていないが、組織がイノベーションを採用してある形態 (特定の実施状況; 管理運用, 再利用など) を実現するとき、実現が比較的容易なもの (オブジェクト指向の形式的な採用規模)、困難を伴うが不確実さが小さく実現可能なもの (例えば、採用する CASE ツールの種類)、実現に大きな不確実さを伴うもの (特に、オブジェクト指向の管理・運用体制の確立) では、それぞれに特有の分析結果が得られたからである。この実現に伴う不確実性は、イノベーションを採用して、組織がある実現形態に向かって試行錯誤しながら適応する際に直面する不確実性 (適応の不確実性) とイノベーションに対する投資効果の不確実性 (効果の不確実性) からなると考えられる。後者は、イノベーション採用後、どれ位の期間が経過すれば投資を上回る利益が得られるかに関する不確実性であるが、技術環境が整うまで長期間を要したり (例えば、再利用部品用のリポジトリの整

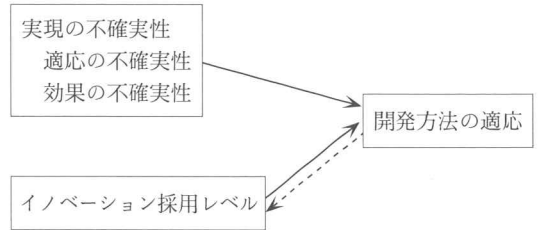


図4 開発方法の適応化モデルの提案

備), 技術使用による学習効果が現れる時期を見逃せないことから生まれるものである。

Orlikowski (1993) によれば、イノベーションの採用に対する組織の適応化プロセスは、複数要因の相互作用からもたらされる。したがって組織の適応化、特に、開発方法の適応化をもたらす背景は単純でないが、本研究で示唆されたことに基づき、開発方法の適応化に関するモデルを図4のように提案する。Orlikowski (1993) との相違は、影響要因として制度的背景や主要プレイヤーの意図と行動ではなく、実現の不確実性を取り入れている点である。これは実現の不確実性が低ければ、イノベーションの採用レベルに応じて開発方法の適応化がなされるという推測に基づくものである。そして今後の課題となる仮説を次のように与える。

仮説 A: 実現の不確実性が小さいとき、イノベーション採用レベルが高いほど、開発方法が適応化される傾向が強い。

仮説 B: 実現の不確実性が大きいとき、イノベーションの採用レベルと開発方法の適応に一定の関係はない。また全体にイノベーションの採用レベルは低くなる。

注

- (1) イノベーションが組織外部から伝わり、組織に浸透するプロセスを強調して表すために diffusion が使われているが (したがって adoption の

意味より広い)、単に組織によるイノベーションの採用という意味で使われている場合も多く、厳密に区別されていない。本稿では引用文献に diffusion とあれば「伝播」と記し、adoption とあれば「採用」と記す。本稿のみの議論では、誤解のない限り統一して「採用」を用いる。

- (2) Leonard-Barton (1988) は 12 の事例を挙げているが、そのうち 10 例は内部開発された技術を自社内で採用するものである。残り 2 例は社外開発された技術 (MRPⅡと購買システム、共にソフトウェアシステム) の採用であり、採用企業は技術の適応化に失敗したが、組織の適応化で対処したと記されている。
- (3) 5 章で述べているように、Orlikowski (1993) の CASE ツールの採用に関する研究は、複数要因による複合的相互作用が組織の適応化を引き起こすと結論するだけで、影響要因の相対的強さを示していないため除外した。
- (4) 浜口 (1999; 2000) では、ソフトウェア開発におけるイノベーション採用という点から、影響を及ぼすと予想できる変数を設定したが、今回は、他の開発分野におけるイノベーション採用まで範囲を広げて変数を設定した。
- (5) オブジェクト指向開発言語として、Java 等も使われるようになっており、「C 言語の使用」をそのまま既存の関連知識と見なすのは適切ではない。しかし厳格さを追及すると、本質問の性格上、煩雑さは避けられない。そこでソフトウェア開発におけるイノベーション採用にとって、既存の関連知識が有力な影響要因であることは、Fichman and Kemerer (1997b) および浜口 (1999; 2000) で既に検証されていることを考慮し、ここで挙げる要因候補に関する質問回答形式は簡潔なものにした。
- (6) 他の有力な要因との影響力を比較する必要があるため、学習関連の変数に関する質問数は限定することにした。
- (7) 情報サービス企業台帳による。
- (8) 127 社のうち 1 社は、主力ソフト系列の開発を担当する技術者数が 10 人以下のため除外した。また従来型開発を中心とする企業の過半数以上は、一部のプロジェクトでオブジェクト指向を採用している。

参考文献

- Attewell, P., "Technology Diffusion and Organizational Learning: The Case of Business Computing," *Organization Science*, Vol. 3, No. 1, Feb., 1992
- Banker, R. D., R. J. Kauffman and D. Zweig, "Repository Evaluation of Software Reuse," *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol. 19, No. 4, April, 1993, 379-389
- Blackburn, J. D., G. D. Scudder and L. N. Van Wassenhove, "Improving Speed and Productivity of Software Development: A Global Survey of Software Developers," *IEEE Trans. Software Engineering*, Vol. 22, No. 12, 1996, 875-885
- Boone, G. H., V. P. Merlyn and R. E. Dobratz, "The Second Annual Report on CASE," Bellevue, WA, CASE Research Corporation, 1990
- Chakrabarti, A. K., S. Feineman and W. Fuentesvilla, "Characteristics of Sources, Channels, and Contents for Scientific and Technical Information Systems in Industrial R and D," *IEEE Trans. Engineering Management*, EM-30, 2, 1983, 83-88
- Cohen, W. M. and D. A. Levinthal, "Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation," *Administrative Science Quarterly*, 35, March, 1990, 128-152
- Coulange, B., *Software Reuse*, Springer, 1998
- Cox, B., "Planning the Software Industrial Revolution," *IEEE Software*, November, 1990, 25-33
- Davenport, T. H., *Process Innovation*, HBS Press, 1993
- Dewar, R. D. and J. E. Dutton, "The Adoption of Radical and Incremental Innovations: An Empirical Analysis," *Management Science*, Vol. 32, No. 11, 1986, 1422-1433
- Ettlie, J. E., W. P. Bridges and R. D. O'Keefe, "Organization Strategy and Structural Differences for Radical versus Incremental Innovation," *Management Science*, Vol. 30, No. 6, 1984, 682-695
- Fichman, R. G. and C. F. Kemerer, "Object-Oriented and Conventional Analysis and Design Methodologies," *IEEE Computer*, October, 1992, 23-39
- Fichman, R. G. and C. F. Kemerer, "Adoption of Software Engineering Process Innovations: The Case of Object Orientation," *Sloan Management Review*, Winter, 1993, 7-22
- Fichman, R. G. and C. F. Kemerer, "Object Technology and Reuse: Lessons from Early Adopters," *IEEE Computer*, October 1997a, 47-59
- Fichman, R. G. and C. F. Kemerer, "The Assimila-

- tion of Software Process Innovations: An Organizational Learning Perspective," *Management Science*, Vol. 43, No. 10, 1997b
- Finlay, P. N. and A. C. Mitchell, "Perceptions of the Benefits from the Introduction of CASE: An Empirical Study," *MIS Quarterly*, December, 1994, 353-369
- Firesmith, D. G. and E. M. Eykholt, *Dictionary of Object Technology*, SIGS Books, 1995
- Fischer, W. A., "Scientific and Technical Information and the Performance of R & D Groups," *TIMS Studies in the Management Science*, 15, 1980, 67-89
- Frakes, W. B. and C. J. Fox, "Sixteen Questions about Software Reuse," *Communications of the ACM*, Vol. 38, No. 6, 1995, 75-87
- Frakes, W. B. and C. Terry, "Software Reuse: Metrics and Models," *ACM Computing Surveys*, Vol. 28, No. 2, June, 1996
- Fuggetta, A., "A Classification of CASE Technology," *Computer*, Vol. 26, No. 12, 1993, 25-38
- Gaffney, J. E. and T. A. Durek, "Software Reuse-Key to Enhanced Productivity: Some Quantitative Models," *Information on Software Technology*, 31, 5, 1989, 258-267
- Gillies, A. C. and P. Smith, *Managing Software Engineering*, Chapman & Hall, 1994
- Karlsson, E., *Software Reuse: A Holistic Approach*, John Wiley Sons, 1995
- Kemerer, C. F., "How the Learning Curve Affects CASE Tool Adoption," *IEEE Software*, May, 1992, 23-28
- Koltun, P. and A. Hudson, "A Reuse Maturity Model," in *the 4th Annual Workshop on Software Reuse*, 1991
- Leonard-Barton, D., "Implementation as Mutual Adaptation of Technology and Organization," *Research Policy*, Vol. 17, 1988, 251-267
- Mansfield, E., "How Rapidly Does New Industrial Technology Leak Out," *Journal of Industrial Economics*, Vol. 34, No. 2, 217-223
- McClure, C. L., *The Three Rs of Software Automation: Re-engineering, Repository, Reusability*, Prentice Hall Inc., 1992
- Mendelson, "Organizational Architecture and Success in the Information Technology Industry," *Management Science*, Vol. 49, No. 4, 2000, 513-529
- Nilakanta, S. and R. W. Scamell, "The Effect of Information Sources and Communication Channels on the Diffusion of Innovation in a Database Development Environment," *Management Science*, Vol. 36, No. 1, 1990, 24-40
- Orlikowski, W. J., "CASE Tools as Organizational Change: Investigating Incremental and Radical Changes in Systems Development," *MIS Quarterly*, September, 1993, 309-340
- Rice, R. and E. Rogers, "Reinvention in the Innovation Process," *Knowledge: Creation, Diffusion, Utilization*, 1, 4, 1980, 499-514
- Rine, D. C. and R. M. Sonnemann, "Investments in reusable software. A study of software reuse investment success factors," *The Journal of Systems and Software*, Vol. 41, 1998, 17-32
- Rogers, E., *The Diffusion of Innovation*, (3rd ed.), Free Press, 1983
- Swanson, E. B., "Information Systems Innovation among Organizations," *Management Science*, Vol. 40, No. 9, 1994, 1069-1092
- von Hippel, E. and M. J. Tyre, "How learning by doing is done: problem identification in novel process equipment," *Research Policy*, Vol. 24, 1995, 1-12
- Zmud, R. W., "Diffusion of Modern Software Practices: Influence of Centralization and Formalization," *Management Science*, Vol. 28, No. 12, 1982, 1421-1431
- Zmud, R. W., "The Effectiveness of External Information Channels in Facilitating Innovation within Software Development Groups," *MIS Quarterly*, June, 1983, 43-58
- Zmud, R. W., "An Examination of Push-Pull Theory Applied to Process Innovation in Knowledge Work," *Management Science*, Vol. 30, No. 6, 1984, 727-738
- 竹下 亨, CASE 概説, 共立出版, 1992
- 竹下 亨, CASE 決定版, 共立出版, 1994
- 通産省, 情報サービス企業台帳, 1997, 1998, 1999, 2000
- 浜口幸弘, ソフトウェア技術知識の再利用, 明治学院大学経済研究第 115 号, 1999
- 浜口幸弘, イノベーションとしてのソフトウェア再利用, 明治学院大学経済研究第 118 号, 2000

付 録

「ソフトウェア開発技術の導入」に関する質問票調査（学術）

【本調査の趣旨】

本調査は、企業の開発特性、教育訓練、知識管理などの総合的視点から、CASE 技術とオブジェクト指向技術の導入を促す要因の比較分析を目的としています。また、98 年に行った「ソフトウェア技術知識の再利用」の継続研究でもあります。

質問数は全部で約 38 項目で、ほとんどが選択式（残り 1 カ所は簡潔な数字記入）になっています。お忙しいところ誠に恐縮ではございますが、御協力のほどよろしくお願い申し上げます（回答に際し、上記技術の導入の有無は関係ありません）。

【質問票の利用について】

回収した質問票は、匿名データとして総計のみで利用し、秘密厳守としますので御社名が出ることは決してありません。質問票は責任を持って管理いたします。

【質問票の回収方法】

質問票は 3 週間以内に御返送（返信用封筒在中）くださるようお願いいたします。

調査研究者

明治学院大学 経済学部助教授 浜口幸弘

お問い合わせ先

〒108-8636 都内港区白金台 1-2-37 明治学院大学 経済学部

電話 03 (5421) 5631 (直) e-mail:hamaguti@eco.meijigakuin.ac.jp

御社名 _____

住所 〒 _____

御回答者名 _____ 役職 _____

Tel. _____ 又は e-mail _____

資本系列（○印を）： 独立系 メーカー系 ユーザ系 その他（ ）

本調査では、御社の主力ソフトウェア（受注またはパッケージ）の開発についてお聞きします。対象となるソフトは次のとおりです。

「少なくとも主要部分は自社開発されるソフトの中で、売上高の最も高い開発分野に属すソフト全体（ゲームソフトは除外）」

以下では、上記ソフトを「主力ソフト系列」と記します（売上高同程度の分野が複数ある場合は、任意の一つで結構です）。基本的に、主力ソフト系列の代表的開発についてお答えください。回答では、例外を除き、最も近いもの一つに○印をつけてください。

I. 組織・開発の基本特性

- (1) ソフトウェア開発組織全体における開発ソフトの関連性について、下記から最も近いものを選んでください。
 - 1 全社的に関連性のあるソフトを開発
 - 2 開発組織（部門）は一つで、一部関連のあるソフトを開発

ソフトウェア開発におけるイノベーション

- 3 開発組織（部門）は一つで、多様なソフトを開発
 - 4 各組織ごとに開発ソフトは異なるが、組織内では関連ソフトを開発
 - 5 各組織ごとに開発ソフトは異なるが、組織内では一部関連のあるソフトを開発
 - 6 各組織ごとに開発ソフトは異なり、組織内でも多様なソフトを開発
- (2) 主力ソフト系列の取引形態、分野、対象機種、担当工程を一つずつ選んでください。

取引形態

- 1 受注（受託）開発
- 2 パッケージ（プロダクト）開発

分野（ここ数年間で、平均売上高最大のものを一つ）

- 事務系 生産系 計測／制御／科学系 通信系／グループウェア DB管理
画像系 CAD 開発支援 システム系 その他（ ）

対象機種（ここ数年間で、最も多く開発されたタイプを一つ）

- 1 メインフレームの集中型
- 2 ミッドレンジ（中型機）の集中型
- 3 ワークステーションまたはパソコンの集中型（又は単体型）
- 4 メインフレームを含む分散型（C/S など）
- 5 ミッドレンジを含む分散型（C/S など）
- 6 上記4と5以外の分散型（C/S など）
- 7 その他（ ）

注 ミッドレンジ：オフコンやミニコンなど C/S：クライアント/サーバ

自社で担当する開発工程（主たるものを一つ）

- 1 全工程（ほぼ全工程）
- 2 分析・設計工程
- 3 コーディング・テスト

- (3) 中堅技術者（SE）の自社内の人事異動は、同じ専門領域内の異動と異なる専門領域への異動では、どちらが主となりますか。

- 1 同じ領域内の異動に重点
- 2 同じ領域内の異動にやや重点
- 3 両方同じくらい
- 4 異なる領域への異動にやや重点
- 5 異なる領域への異動に重点

- (4) 主力ソフト系列の開発に携わる自社の技術者（SEとプログラマー）は全員で何人位ですか。概算で結構です。

- 1 10～19人
- 2 20～29人
- 3 30～39人
- 4 40～49人
- 5 50～59人
- 6 60～69人
- 7 70～79人
- 8 80～89人
- 9 その他 約（ ）人

- (5) 主力ソフト系列の開発業務を始めてから、何年経過しましたか。

（ ）年経過

以下同様に、主力ソフト系列の代表的開発についての質問です。

- (6) 典型的な開発チームの規模は何人位ですか。概算で結構です。

- 1 1～9人
- 2 10～19人
- 3 20～29人
- 4 30～39人
- 5 40～49人
- 6 50～59人
- 7 60～69人
- 8 その他 約（ ）人

- (7) 最新のソフトウェア技術に対する採用時期（業界内で、先行採用～後発採用）は、平均してどのような傾向ですか。

- 1 十分に技術が成熟してから、後発組として採用
- 2 当初は、技術情報の収集だけを行い、採用は先行組と後発組の間
- 3 技術登場後、試験採用するが、実際の採用は先行組と後発組の間
- 4 先行組として採用
- 5 最も早い先行組として採用

- (8) プロジェクトの日程計画と資源配分の方法は、公的に標準化されていますか。

- 1 標準化されていない
- 2 公式ではないが、慣例として受け継がれてきたものがある
- 3 大枠を定めたものが標準化されている（または部分的に標準化）
- 4 おおよそ工学的技法（PERTなど）に従い、詳細に標準化されている

- 5 工学的技法（PERT など）に従い、詳細に標準化されている
- (9) 要求分析からテストに至る工程で、アウトプット（工程中の中間生産物）を評価するための公的に標準化された測定基準を設けていますか。
- 1 設けていない
 - 2 ある工程内の一部の活動においてのみ設けている
 - 3 一部分の工程において設けている
 - 4 大部分の工程において設けている
 - 5 全工程において、きめ細かく設けている
- (10) 開発中、プロトタイピング（試作モデルの早期開発）を実施していますか。
- 1 実施していない（または、過去実施していた）
 - 2 実施は奨励的なもので、各開発チーム任せ
 - 3 実施は強制だが、公的指針はなく、開発チームが独自に実施
 - 4 大体の公的指針があり、開発チームは細部を独自に実施
 - 5 詳細な公的指針があり、開発チームはこれに従い実施
- (11) ソフトウェアのモジュール化を推進していますか。
- 1 特に推進していない
 - 2 モジュール化を奨励しているが、強制的なものではない
 - 3 モジュール化の程度は経験的にチェックされる
 - 4 モジュール化の程度は大体の基準に従いチェックされる
 - 5 モジュール化の程度は厳密な測定基準に従いチェックされる
- (12) 要求分析から設計に至る工程では、開発方法は公的に標準化されていますか。
- 1 標準化されていない
 - 2 公式ではないが、慣例として受け継がれてきたものがある
 - 3 大枠を定めたものが標準化されている（または部分的に標準化）
 - 4 おおよそ工学的的方法論に従い、詳細に標準化されている
 - 5 工学的的方法論に従い、詳細に標準化されている
- (13) 主力ソフト系列の主要開発言語を下記からすべて選んでください。
- 1 C 2 COBOL 3 Visual Basic 4 PL/I 5 Fortran
6 アセンブラ 7 C++ 8 Visual C++ 9 Java 10 Smalltalk
11 その他（ ）
- (14) 主力ソフトの開発に用いる中心的技術は、修得性の点から見て、どのような特徴がありますか。新人技術者が学ぶ典型的な場合を想定してください。
- 1 技術は簡潔で機能も少なく、短期間で完全に修得できる
 - 2 技術の機能は多いが、短期間で修得できる
 - 3 技術の機能は多く、長期間要して修得できる
 - 4 技術は複雑で機能も多く、長期間要して必要程度は修得できる
 - 5 技術は複雑で機能も多く、長期間要しても、修得不十分な点が残る
- (15) 自分の専門領域を指導できる位に習熟した開発者の割合はどの位ですか。
- 1 1割程度 2 3割程度 3 半分位 4 7割程度 5 9割以上
- (16) プロジェクトの典型的（最も多い）な開発期間を選んでください。
- 1 1～3か月 2 4～6か月 3 7～9か月 4 10～12か月
5 13～15か月 6 16～18か月 7 19～21か月 8 22～24か月
9 その他（ ）か月
- (17) 革新的な技術の導入と管理に最も影響力を持つ主体は何ですか。導入面と管理面について、該当番号を記入してください。なお、「革新的技術」とは、短期間では修得困難な高度技術を意味するものとします（以下同じ）。
- 導入面（ ） 管理面（ ）
- 1 開発リーダーまたは主力技術者 2 プロジェクトマネージャ
 - 3 専門の部署（チーム） 4 経営上層部または部門長 5 経営トップ

(18) 革新的な技術の導入または新しい開発方法の採用に対して、マネジメントはどの程度関与しますか。以下の2つの場合について、該当番号を記入してください。

経営トップの場合 () 当該部門長の場合 ()

- 1 関与しない
- 2 関与するが、最終報告を受ける程度
- 3 関与し、定期的に報告を受け、進行具合をチェックする
- 4 関与し、自ら進行プロセスをリードして、大枠を統括する
- 5 関与し、自ら進行プロセスをリードして、細部まで統括する

II. 知識の普及と管理

(1) 若手技術者に対する普通の教育・訓練方法は、OJTと教育訓練プログラムでは、どちらを重視しますか。

- 1 OJTを重視
- 2 OJTをやや重視
- 3 両方同程度
- 4 教育訓練プログラムをやや重視
- 5 教育訓練プログラムを重視

(2) 革新的技術または新しい開発方法の採用に際して、社員教育はどのように行いますか。

- 1 採用前に、スキル修得のための教育プログラムを実行し、準備
- 2 採用後、スキル修得のための教育プログラムを作り、対応
- 3 採用後、OJT中心に対応

(3) 革新的技術または新しい開発方法の採用に際して、ワーキンググループ（パイロットプロジェクト）を設置しますか。

- 1 設置しない
- 2 状況に応じて、設置する
- 3 通常、設置するが、組織的支援を欠く
- 4 通常、設置し、組織的に支援する
- 5 上記4に加え、大きな権限（裁量権）も与える

(4) 技術の指導や開発者をリードできる中心的技術者は組織内で充足されていますか。

- 1 慢性的に不足している
- 2 しばしば不足する機会がある
- 3 充足されている

(5) 新しい有用な技術知識を組織内で伝達、普及させるとき、どんな手段が中心となりますか。主たるもの一つを選択してください。

- 1 非公式なコミュニケーション
- 2 公式の集まり（報告会、交流会など）
- 3 教育プログラム
- 4 文書による広報
- 5 電子ツールによる広報
- 6 共有データベースへの登録
- 7 その他 ()

(6) 開発進行中、チームメンバー間での情報共有はどのような形で行われますか。

- 1 担当者同士に任せる
- 2 定期的（又は計画の大きな区切り毎）にミーティングを行う
- 3 定期的（又は計画の大きな区切り毎）にミーティングを行い、電子ツールも活用
- 4 頻繁（計画の細かい区切り毎）にミーティングを行う
- 5 頻繁（計画の細かい区切り毎）にミーティングを行い、電子ツールも活用

(7) 社内で得られた技術知識やノウハウを管理し、普及させる専門部署（またはグループ）を設置していますか。

- 1 専門部署（グループ）は存在しない
- 2 専門部署（グループ）が存在し、平均的な専門性を持つ人員から構成される
- 3 専門部署（グループ）が存在し、高い専門性を持つ人員を中心に構成される

(8) 社外の有用な技術情報を取り入れ、管理、広報する専門部署（またはグループ）を設置していますか。

- 1 専門部署（グループ）は存在しない
- 2 専門部署（グループ）が存在し、平均的な専門性を持つ人員から構成される

3 専門部署（グループ）が存在し、高い専門性を持つ人員を中心に構成される

- (9) 技術者に対して技術交流会（社内での研究会や勉強会）をどのような方針で行っていますか。2つの場合についてお答えください（該当番号に○印を）。

	行って いない	まれに 行う	必要に 応じて	頻繁に 行う	重点的かつ 頻繁に行う
同じ専門領域の技術者間	1	2	3	4	5
異なる領域の技術者間	1	2	3	4	5

- (10) 開発チーム同士でソフト開発の情報交換を行う機会を設けていますか。2つの場合についてお答えください（該当番号に○印を）。

	設けて いない	まれに 設ける	必要に 応じて	頻繁に 設ける	重点的かつ 頻繁に設ける
同系列のチーム間	1	2	3	4	5
異なる系列のチーム間	1	2	3	4	5

- (11) 技術知識やノウハウを組織内で共有して蓄積（保管）する手段は何ですか。十分浸透しているもの全てに○印をつけてください。（複数回答可）

- 1 公的な蓄積手段はない（個人任せ） 2 公的文書
3 電子掲示板 4 グループウェア
5 それ以外の共有データベース

- (12) 上記質問(11)で2, 3, 4, 5のどれか一つでも回答された方は、その中の主要手段一つについて、以下の各質問にお答えください。次に、すべての方は質問Ⅲへ。

- (a) 登録するための公的基準を確立している [yes no] (○印を)
(b) 迅速な検索方法を確立している [yes no]
(c) 蓄積知識の妥当性を定期的に確かめている [yes no]
(d) 蓄積知識を体系化して整理している [yes no]
(e) 利用者からの意見をフィードバックする [yes no]

質問Ⅲへ

Ⅲ. CASE とオブジェクト指向の採用

- (1) 主力ソフトの典型的な開発では、どのような形で CASE ツールを利用していますか。なお、以下の「タスク」とは編集、設計、コーディング、テストケース生成、デバッグ等の基本活動を意味します。

- 1 利用していないし、しばらく利用の予定はない（または、過去利用していた）
2 利用していないが、利用を具体的に検討中
3 試験的な利用段階だが、正式な利用は未定
4 試験的な利用段階で、近いうちに正式に利用
5 特定タスク（または特定工程内の作業）にのみ利用
6 複数タスクのために利用（例えば、上流 CASE, 下流 CASE など）
7 開発工程の大部分を支援するために利用（統合化 CASE）

- (2) 主力ソフト開発に、オブジェクト指向をどの程度採用していますか。なお、他のオブジェクト指向言語を採用せず、Visual Basic だけ採用し、組織的にオブジェクト指向と認める場合は、右 [] 内の VB を○で囲んだ後回答してください。 [VB]

- 1 採用していないし、しばらく採用の予定はない（または、過去採用していた）
2 採用していないが、採用を具体的に検討中
3 支援環境は整備中だが、試験的に一部の主力ソフト開発で採用
4 支援環境は整備済みで、試験的に一部の主力ソフト開発で採用
5 主力ソフト系列内の幾つかの開発チームで採用
6 主力ソフト系列全て（ほぼ全て）の開発チームで、システムの一部に採用
7 主力ソフト系列全て（ほぼ全て）の開発チームで、システムの大部分に採用

- (3) 上記2つの技術の開発上の重要度について、該当番号を記入してください。

CASE の場合 () オブジェクト指向の場合 ()

- 1 重要度は低い
- 2 現在、評価は不確定
- 3 主力ソフトの開発工程を少し改善できる位の評価
- 4 主力ソフトの幾つかのプロジェクトで戦略上重要
- 5 組織的に戦略上重要

上記質問Ⅲの(1), (2)の回答結果に対し、次のように対応してください。

- ・少なくともどちらか一方でも 3, 4, 5, 6, 7 のどれかを選択 ⇒ 回答を続行
- ・両方とも 2 以下を選択 ⇒ 終了

- (4) CASE とオブジェクト指向に関する組織的な管理・運用体制は確立していますか。

CASE の場合 () オブジェクト指向の場合 ()

- 1 管理・運用体制を設けない
- 2 すべては各開発チームに任せる
- 3 大体の管理・運用体制を決め、あとは各開発チームに任せる
- 4 詳細な管理・運用体制を決めているが、各開発チームは一定の裁量権を持つ
- 5 詳細な管理・運用体制を決め、各開発チームは完全に従う [裏面へ]

- (5) 上記 2 つの技術について、教育、推進を行う専門グループ(担当者)はいますか。

CASE の場合 [yes no] (○印を)

オブジェクト指向の場合 [yes no]

- (6) CASE ツールを利用して部品(コンポーネントまたはオブジェクト)の再利用を制度的に行っていますか。
再利用部品は、自社開発された要求仕様(分析)、設計、コードのうち、方法的に最も確立したものを対象とします(以下、同じ定義)。

- 1 行っていない(または、個人同士の非公式なもの)
- 2 実施していないが、実施を具体的に検討中
- 3 試験的な段階だが、制度的な実施は未定
- 4 試験的な段階で、近いうちに制度的に実施
- 5 CASE を利用し、少数の開発チームで制度的に実施
- 6 CASE を利用し、過半数以上の開発チームで制度的に実施
- 7 CASE を利用し、組織的に公的实施

- (7) オブジェクト指向による最も主要な開発について、各質問にお答えください。

- (a) オブジェクト指向の分析・設計工程では、開発方法は標準化されていますか。

- 1 標準化されていない 2 慣例化したものがある 3 大枠が標準化
- 4 おおよそ方法論に従い、詳細に標準化 5 方法論に従い、詳細に標準化

- (b) オブジェクト指向開発では、再利用を制度的に行っていますか。

- 1 行っていない(または、個人同士の非公式なもの)
- 2 試験的な段階だが、制度的な実施は未定
- 3 試験的な段階で、近いうちに制度的に実施
- 4 幾つかの開発チームで制度的に実施
- 5 組織的に公的实施

- (c) 再利用候補となる部品(オブジェクト)の品質基準は公的に確立していますか。

- 1 特に、基準の設定は問題にされていない
- 2 基準の設定は奨励的なもので、各開発チーム任せ
- 3 基準の設定は強制だが、設定方法は各開発チームに委ねる
- 4 おおよその基準を公的に確立
- 5 厳格(または定量的)な基準を公的に確立

- (8) 上記 2 つの技術の採用が、前述の質問項目 I に記す 3 つの開発方法(下記)に対し、直接明確な変化を与えたものがあれば、該当する方法に○印をつけてください。

CASE 採用の場合

- (8)日程計画と資源配分 (9)工程中の中間生産物の測定 (10)プロトタイピング
オブジェクト指向採用の場合
(8)日程計画と資源配分 (9)工程中の中間生産物の測定 (10)プロトタイピング

ご協力ありがとうございました。

(2001年5月30日経済学会受理)