

リアルタイムシステム向けの オブジェクト指向分析法に関する一考察

武内 惇 糸井 裕 乾 成里 藤本 洋
日本大学工学部情報工学科
takeuchi@csse00.ce.nihon-u.ac.jp

ソフトウェアの開発や管理を支援する技法やツールの開発が進み、実務への適用が図られているが、特に上流工程を対象とするものの中には、効果的に使用されないため、当初期待された効果を上げられないものも多い。これは、使用者が技法やツールを使用するための開発モデルを有していないことに原因があると考えられる。本稿では開発モデルの枠組みを提案する。

シュレリアー/メラー法を例に、熟練者と初心者のシステム分析の結果について両者の差異要因を分析し、S/M法のための開発モデルの構築を試みた。

Studies on Object Oriented Analysis for Real Time System

Atsushi Takeuchi Hiroshi Itoi Shigeri Inui Hiroshi Fujimoto
College of Engineering, Nihon University
takeuchi@csse00.ce.nihon-u.ac.jp

Recently tools and technologies for software development and software development process management are available to use widely. However, there are a lot of tools and technologies which cannot produce expected results, especially they are used in upstream of development process. It must be the reason that the user of those tools and technologies does not have any good software development models, which are referred to when we make a decision.

In this paper we propose the framework of good development model, and the model for Shlaer/Mellor Object Oriented system analysis technology, for example.

1. はじめに

ソフトウェアの開発や管理を支援する技法やツールの開発が進み、実務への適用が図られているが、特に上流工程を対象とするものの中には、効果的に使用されないため、当初期待された効果を上げられないものも多い。これは、使用者が技法やツールを使用するための開発モデルを有してい

ないことに原因があると考えられる⁽¹⁾。本稿では開発モデルの枠組みを提案する。

次にシュレリアーとメラーによって提案されたオブジェクト指向分析法⁽²⁾：シュレリアー/メラー法（以後S/M法と呼ぶ）を例に、S/M法の開発モデルを検討する。

S/M法は、リアルタイムシステム向けに提案

されており、その実用性についての検討も進められている。しかし、S/M法は手法そのものは有効であっても、マニュアルの整備が遅れていた、適用事例の発表が少ないため、新規にS/M法を導入し早期に適用効果を得るのは容易ではない。

そこで筆者らは、簡易カーナビゲーションシステム（以後、NCN(Nihon University CarNavigation System)という）を対象システムとして設定し、熟練者と初心者によるS/M法に基づくオブジェクト指向分析を実施した^{3,4)}。熟練者と初心者のシステム分析の結果について両者の差異要因を分析し、これらの差異を無くするために初心者が実行しなければならない事柄を検討し、S/M法のための開発モデルの構築を試みた。

今回は特に差異が現れやすいと考えられる、システム分析段階の設計モデルについて報告する。

2. 開発モデルの提案

2. 1 開発モデルの分類

人間は対象物や事象の「望ましい姿（モデル）」を所有しており、モデルと現実の姿との比較結果を基に対象物や事象を認識し、それ等に関する動作や操作を決定し、実行する。ソフトウェアの開発に当たっても、よいモデルを所有している人間はうまくソフトウェアを実現することができると考えられる。

ソフトウェア開発の過程は、目標とするシステム要件を要求仕様書に表現し、以後設計仕様やプログラムコードに表現を順次変換するものである。この過程で作成されるもの(成果物)は、思考結果を表現したものである。この成果物が正しいものかどうか、良いものかどうかは、人間が読み解釈し判断しなければならない。またソフトウェア開発の過程は、システム要件を提示する要求者や開発チームの特性に影響され易く、また開発環境の変化に影響され易いため、常に監視し制御されなければならない。

ソフトウェア開発過程と成果物の特性から、ソフトウェア開発に求められる開発モデルを表1に示す、設計モデル、推蔽モデル、管理モデルの3

つに分類する。

表1 モデル分類

分類	内容
設計モデル	・ソフトウェアを設計、実現するための手順、適用すべき手法やツール、それらの使用法に関するもの
推蔽モデル	・思考結果である表現が、解釈系により異なった内容に解釈されないことを判断するための手順、適用すべき手法やツール、それらの使用法に関するもの
管理モデル	・開発過程の進行状況から、問題を予測し、検出し、対応策を判断するための手順、適用すべき手法やツール、それらの使用法に関するもの

a. 設計モデル

設計モデルは開発や開発管理の作業そのものを実行する時に必要とされる、手順や手法やツール、それらの使用法に関するものである。書籍や技術講習会などを通して構築されるものである。また適用する過程や結果から得られる経験も含む。ソフトウェア工学は設計モデルの構築に大きく貢献する。

b. 推蔽モデル

推蔽モデルは表現された内容が正しいものかどうかを判断する前提となる適正な表現形態を実現（表現形態の推蔽）するために必要とされるもので、表現法に関する規約から構成されるものである。過去に作成された「曖昧性のない、理解し易い表現」の事例や、「他コンピュータへの移植や再利用が容易な表現」の事例から抽出され構築されるものである。

c. 管理モデル

管理モデルは、規模の大きなシステムの開発のリーダーや管理者には必須のもので、定式化が難しく、非定型な動的なモデルであり、「何かおかしい」と感じる人間の「勘」に相当するものが含まれ、実務経験を積むことによって構築されるものである。

2. 2 開発モデルの構造

ソフトウェア開発過程は、以下に示すようにユ

ーザからコンピュータへの意図伝達過程と考えることができる。

- ①設計者がユーザの持つシステム要件（ユーザの意図）をユーザと設計者が理解しやすい要求仕様の形式に表現する。
- ②次に設計者が要求仕様の形式に表現されたユーザの意図を、プログラマが理解しやすい設計仕様書の形式の表現する。
- ③さらにプログラマが設計仕様の形式に表現されたユーザの意図をコンピュータが理解可能なプログラム言語の形式に表現する。

意図伝達の道具として最も良く使用されるものに言語がある。そこで言語設計の過程を参考にユーザからコンピュータへの意図伝達の道具(文書)の設計法を検討する。すなわち言語設計では、言語が表現する対象概念の設計、意味の設計、構文の設計、語彙の設計の4つの階層に分けられ、この順に言語設計が進められる。同様にソフトウェア開発の各段階における、文書の設計は、文書が表現する対象概念の設計、意味の設計、構文の設計、語彙の設計の4つの階層に分けられ、この順に文書の設計が進められる。

表2に言語設計と文書の設計の各階層での作業内容を示す。

図1にソフトウェア開発段階と開発モデルの位置付けを示す。ソフトウェア開発の各段階の作業は、用意された開発モデルを参照しながら、概念レベル、意味レベル、構文レベル、語彙レベルの4つの階層に分けられ実施されるものとする。

表2 言語設計と文書の設計の対応

	言語設計	文書の設計
概念レベル	伝えたい概念を決定する	文書が表現する対象概念を決定する。
意味レベル	概念の内容を他人に伝えるために説明する項目を決定する	文書が表現する対象概念を説明する項目を決定する。 例 機能、オブジェクト、処理単位などを決定
構文レベル	説明項目の内容を表現するための構文を決定する	説明項目に関する内容を表現するための表現法を決定する。 例 機能、オブジェクト、処理単位などの内容の表現法を決定
語彙レベル	使用する用語を決定する	内容を表現するのに使用する用語を決定する。

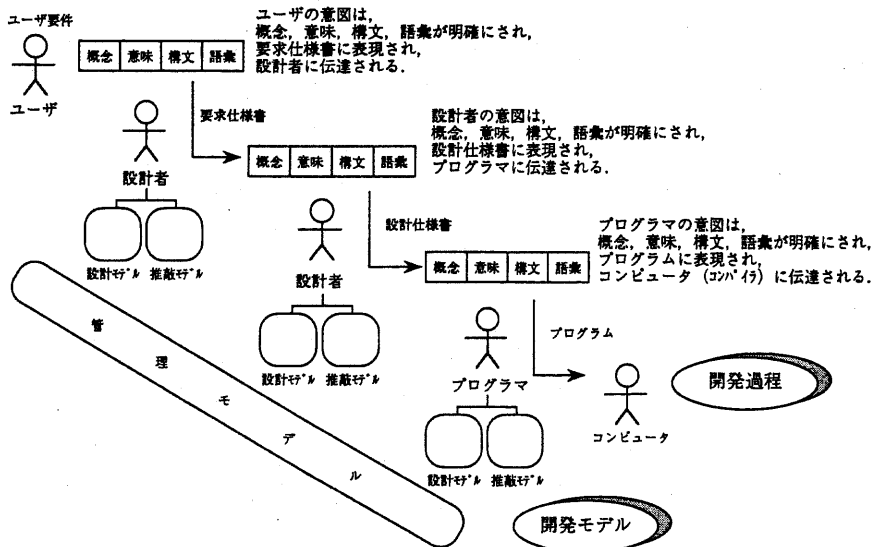


図1 ソフトウェア開発過程と開発モデル

①設計モデルは、ソフトウェア開発の各段階において4つの階層に分けられた文書の設計法に基づき、文書作成作業をうまく行うための手順や技法、ツール、それらの使用法を与えるものである。

②推敲モデルは、ソフトウェア開発の各段階において4つの階層に分けられた文書の設計法に基づき、文書作成作業の成果物の表現が誤解されない形式であることを確認する手順や技法、ツール、それらの使用法を与えるものである。

③管理モデルは、ソフトウェア開発工程全体を通して4つの階層に分けられた文書の設計法に基づき、文書作成作業を管理するための手順や技法、ツール、それらの使用法を与えるものである。

表3に各階層ごとの開発モデルの構成内容項目について示した。

ソフトウェア開発の各段階において開発モデルを4つの階層に分けたことにより、開発モデルが用意すべきものを検討する枠組みを与えることができる。これにより使用する手順や技法、ツールがどこに位置付けられ、どこが欠落しているかを

明らかにする。さらに欠落している部分を充足することにより、開発モデルを完備することができる。

3. S/M法の特性分析と開発モデルの検討

3.1 熟練者と初心者の比較実験の目的

熟練者はよい開発モデルを所有しているものと考えられる。そこで初心者と熟練者のシステム分析の結果を比較分析することにより、初心者がうまくシステム分析を実施可能となる開発モデルを実現する。また一般に高度な知的作業においては、マニュアル等で明示された技術に比べ、長い経験を通して知らず知らずのうちに身に付けた技術（無意識技術）が極めて重要なものとなっていることが多いことから、ここでは無意識技術の解明も行う。

3.2 熟練者と初心者の比較実験法

(1) 対象システム

対象システムとして、NCNを設定した。ハードウェア構成を図2に示す。主な機能は、GPS

表3 開発モデルの階層化

	設計モデル	推敲モデル	管理モデル
概念レベル	文書が表現する対象概念を決定するのを支援する手順、技法、ツールと使用法	文書が表現する対象概念の表現法を確認するのを支援する手順、技法、ツールと使用法	文書が表現する対象概念を決定する作業の進捗と品質の管理を支援する手順、技法、ツールと使用法
意味レベル	文書が表現する対象概念を説明する項目を決定するのを支援する手順、技法、ツールと使用法	文書が表現する対象概念を説明する項目の表現法を確認するのを支援する手順、技法、ツールと使用法	文書が表現する対象概念を説明する項目を決定する作業の進捗と品質の管理を支援する手順、技法、ツールと使用法
構文レベル	説明項目に関する内容を表現するための表現法を決定するのを支援する手順、技法、ツールと使用法	説明項目に関する内容の表現法を確認するのを支援する手順、技法、ツールと使用法	説明項目に関する内容を表現する作業の進捗と品質の管理を支援する手順、技法、ツールと使用法
言葉レベル	内容を表現するのに使用する用語を決定するのを支援する手順、技法、ツールと使用法	内容を表現するのに使用する用語の表現法を確認するのを支援する手順、技法、ツールと使用法	内容を表現するのに使用する用語決定作業の進捗と品質の管理を支援する手順、技法、ツールと使用法

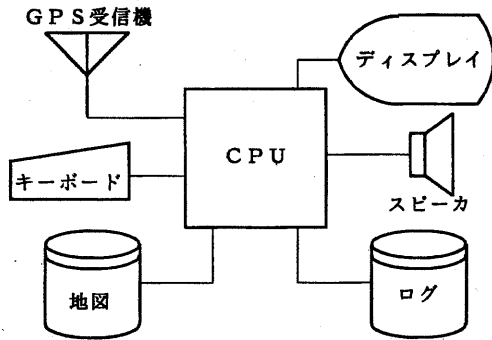


図2. ハードウェア構成

から得た現在位置を地図DBを用いて道路上に補正し、地図とともにディスプレイに表示することである。NCNは、リアルタイム処理を必要とするシステムである。

(2) 熟練者、初心者と差異要因分析者

- ①熟練者：SM法を熟知し、数年以上SM法を使用したシステム開発を経験している。
- ②初心者：小規模なコーディングの経験を除いては、ソフトウェア開発に関する経験を有しない。
- ③差異要因分析者：SM法によるシステム開発の経験は無いが、リアルタイムシステムのソフトウェア開発に多くの経験を有する。

(3) 初心者によるオブジェクト指向及びSM法の学習

学部4年生3名を、初心者として割り当てた。初心者は、分析実施に先立ち文献5、6により、オブジェクト指向の一般論及びS/M法によるオブジェクト指向分析・設計法を輪講形式で学習した。学習中に解決できない疑問については、熟練者のアドバイスを受け解決した。学習期間に、43日間を要した。その後、15日間で学習成果を作業手順書としてまとめた。

(4) 実験実施

熟練者と初心者の技術水準を客観的に比較するため、両者に同一システムを分析させた。分析結果を比較検討する差異要因分析者は、各分析作業

の内容に関する被験者へのインタビューを実施し、両者の差異を明らかにした。初心者は、情報モデルを作成した段階で、熟練者による分析結果のレビューを受け助言を得た。プロセスモデル完成後、両者の結果を再度比較した。

作業期間は、ドメイン分析に19日間、情報モデル作成に45日間、通信モデル作成に5日間、状態モデル作成に7日間、プロセスモデル作成に10日間を要した。

3. 3 差異要因の分析

差異内容を以下の差異要因により分類すると図3の通りである。

<差異要因の分類>

①手法に関する要因

- ・手法不備
- ・マニュアル不備

②技術者に関する要因

- ・知識の欠如
- ・無意識の技術（経験）の欠如：
実施すべき項目は理解できても、経験が無い
ため思い付いたり、良否の判断ができない
- ・資質の不適合性：緻密さや洞察力等の欠如

熟練者と初心者の差異件数

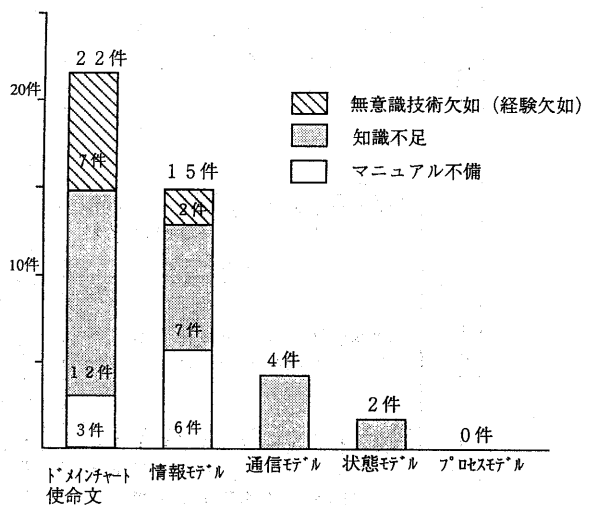


図3 熟練者と初心者の差異分類

ここで、無意識技術の内容を整理すると以下の通りである。また具体的な差異内容は表4に示す。

(1) ドメインチャート作成段階

- ①実現に当たって、どこがクリティカルなところ(オブジェクト、クラス)か判定できること：
一般には、処理時間だけでなく、信頼性、安全性、保守性等についても常に注意する必要があるが、これらはシステム分野により処理方式が異なることが有るため、開発を通して体験的に修得しなければならない。
- ②再利用を考慮するため、適切な名称を付けること

③要求仕様の設計結果が予想でき、要求仕様で定義されていない事柄に気がつくこと

④要求仕様書には記述されないが、常識的考慮すべき機能やオブジェクトを知っていること

(2) 情報モデル作成段階

①関係記述に注釈を付けて置くべきところに気がつくこと

②要求仕様書には記述されることはなく、設計に当たっては常識的考慮すべき関係を追加できること

表4 無意識技術の有無に起因する差異内容

	グループ化	熟練者のシステム分析
ド メ イ ン チ ャ ー ト 作 成	①処理時間クリティカルな部分の検出ができる	①処理時間に制限が生じる可能性があるオブジェクトに注目してクラスタリングを行っている ②処理時間に制限が生じる可能性があるマップマッチング処理について、具体的に処理方法の検討を行っている ③処理時間に制限が生じる可能性がある地図がどのような形で保存されているか、どのように画面に表示されるかを検討している (初心者) 全く考えていない
	②要求仕様の設計結果が予想でき、要求仕様で定義されていない	①要求仕様書にマップマッチングアルゴリズム、GPSデータによる走行車の位置補正方法の記述を要求 (初心者) その必要性に気づかなかった
	③再利用を考慮するため、適切な名称を付ける	①A Pドメイン記述。カーナビはx, yが道路上か確かめる(初心者) x, yを緯度、経度とした ②同じ物でもドメイン毎に名称を変える。 ナビドメイン：補正位置をユーザに知らせる UIドメイン：与えられた値から画面上に表示するためのX, Yを計算する。 (初心者) ナビドメイン：補正位置をえる。 UIドメイン：補正経度、補正緯度を画面に表示する
	④要求仕様書には記述されないが、常識的考慮すべき機能やオブジェクトを知っている	①合われなくても常識的に用意すべきものとして、Timerオブジェクトを使用している。 (初心者) 全く考えていない
情 報 モ デ ル 作 成	①関係記述に注釈を付けて置くべきところに気がつくこと	①車の走行位置データの保存法について、仕様では走行位置データは一定の件数保存することとしているので、走行開始時からの最新のものだけを保存することを説明している(関係記述) (初心者) 気づいていない
	②要求仕様書には記述されることはなく、設計に当たっては常識的考慮すべき関係を追加できること	①軌跡オブジェクトと車オブジェクトの間に、「軌跡を記憶する」という関係の他に、「最新の軌跡を記憶する」という関係付けがなされている。 (初心者) 気づいていない

3. 4 S&Mシステム分析と設計モデル

システム分析の過程では、ドメインチャート、情報モデル、通信モデル、状態モデル、プロセスモデル等が作成される。ドメインチャートとその関連文書は、システム全体の外観を定義したものであるため、これを決定することは、システムの概念レベルを決定することになる。また情報モデルは、オブジェクトの静的特性とオブジェクト間の関連を定義したもので、システム構成要素とそれらの静的特性を表現するものであるため、これを決定することは、システムの意味レベルを決定したことになる。さらに通信モデル、状態モデル、プロセスモデルはオブジェクトの振舞いを伝えるもので、記述法が曖昧性のない形で与えられている。通信モデル、状態モデル、プロセスモデルを決定することは、システムの構文レベルを決定したことになる。またドメインチャート、情報モデル、通信モデル、状態モデル、プロセスモデル等を作成する際に使用する名称は一意的に使用法が決められていなければならない。これを決定することは、システムの語彙レベルを決定したことになる。

このようにS/Mシステム分析法は分析段階における概念レベル、意味レベル、構文レベル、語彙レベルの意図伝達の道具が揃った設計モデルと考えることができるが、無意識技術の適用を可能

とするための手段を盛り込む必要がある(表5)。

3. 5 ドメインチャート、情報モデルと通信モデル、状態モデル、プロセスモデル

今回の実験では、通信モデル、状態モデル、プロセスモデルを作成するに先立ち、熟練者と共同でドメインチャートと情報モデルのレビューを行い、これらの改訂を行った。通信モデル、状態モデル、プロセスモデルに関して、熟練者と初心者の差異は、無意識技術によるものではなく、初心者の手法に対する理解の不十分さによるものであった。このことは、ドメインチャートと情報モデルが完成されており、各モデルの表現法(構文)が理解されていれば、これら3つのモデルは容易に作成できることを示している。S/M法の指導書の中でも、ドメインチャートと情報モデルの作成をしっかりと行うことが、システム分析を成功させポイントであるとの指摘がなされている¹⁷。

3. 6 無意識技術の共用化と知識の欠如への対応

今回判明した無意識技術は、ドメインチャート作成と情報モデル作成に関するものである。これは、S/M法が再利用性の高いリアルタイムシステムの開発を目的としており、ドメインチャートや情報モデルを作成するに当たり、再利用性、処理性能、信頼性、安全性、保守性を実現する設計

表5 S/Mシステム分析法の設計モデル

	技法	手順	支援ツール
概念レベル	・ドメインチャート作成法 ・使命文作成法	・無意識技術チェックリスト	・Objectteam ・作業手順ガイダンスシステム
意味レベル	・情報モデル作成法		
構文レベル	・通信モデル作成法 ・状態モデル作成法 ・プロセスモデル作成法	—	
語彙レベル	・用語の使用規則	—	

を想定することを重要視していることによる。

経験の少ない設計者が、よいシステム分析を行えるようにするために、設計モデルには、共同で作業を行っている経験者の経験を活用可能とする機構を用意する。すなわち経験者がどの段階で、どのような視点で、初心者の方の分析作業について指導し、レビューすべきかを示すチェックリストを装着可能な機構を設計モデルに用意する。

一方知識の向上を図るため、ソフトウェア開発の各段階で行うべき作業内容、必要な入力情報、出力情報を提供して、技法に従って正しく作業を進めるための作業手順ガイダンスを提供するシステムを用意することも重要である。

4. おわりに

本稿では、開発モデルの枠組みを示し、事例としてS/Mシステム分析法に関する設計モデルを提案した。

開発モデルの枠組みを明らかにすることが、新しい技法やツールを導入する場合、技法やツールの欠落した部分を発見したり、これらを効果的に適用するため環境を整備することを可能するものと期待できると考えている。

今後はS/M法を異なるシステムの開発に適用し、熟練者と初心者の方のシステム分析の差異を分析し、設計モデルの見直し改善を図り、設計モデルの有効性を明らかにしたい。また作業手順ガイダンス機能および、設計モデル使用法教育機能を備えた設計モデル支援システムの開発を進める。

謝辞

本研究を進めるにあたり、適用事例等についての検討を願った、株式会社東陽テクニカの二上貴夫課長、奥村幸年氏、熊野真紀氏に感謝致します。

参考文献

- 1)武内,藤本:"ソフトウェア開発システムのインテリジェント化に関する一考察",第52回情処全大,6R-4(1996)
- 2)S.Shlaer,S.J.Mellor,S.Gossain:"Comments on Selic's Critique of the S-M Method", Project Thecnology(1992)

- 3)面谷,乾,武内,藤本:"リアルタイム処理システム向けのオブジェクト指向分析導入に関する一考察",第54回情処全大,4U-11(1997)
- 4)糸井,乾,武内,藤本:"カーナビゲーションシステム開発へのシュレイアー/メラー法の適用に関する一考察",第54回情処全大,4U-12(1997)
- 5)S.Shlaer,S.J.Mellor:"オブジェクト指向システム分析",近代科学社(1995)
- 6)S.Shlaer,S.J.Mellor:"続・オブジェクト指向システム分析",近代科学社(1995)
- 7)L.Starr:"How to Build SHLAER-MELLOR Object Models",Yourdon Press(1996)