

オブジェクト指向設計への拡張有限状態機械モデルの利用

王 彤 河野 善彌

埼玉大学工学部情報システム工学科
〒338 埼玉県浦和市下大久保 255
e-mail: oh@cit.ics.saitama-u.ac.jp

あらまし: 本論文はオブジェクト指向において、有限状態機械 (FSM) の概念を利用する階層的なシステムの設計方法を述べる。この方法は SDL の手法に従って、システムの初期設計では異質な概念を注目し、トップダウンかつ階層的に行なう。物を含めて、従来分割方法を拡張して正確に分解する。分解された EFSM はオブジェクトの候補になる。さらに SDL の手法により、オブジェクトの振舞や操作を決める。このようにして、得られるオブジェクトの構造は階層的で、規模はより小さく、簡潔である。自動支払機 (ATM) ネットワークシステムを設計例として、具体的な展開方式を説明している。

和文キーワード オブジェクト指向, システム設計, 階層展開, トップダウン, SDL, 有限状態機械

Using Extended Finite State Machine Model For Object Oriented Design

Tong Wang Zenya Koono

Department of Information and Computer Science,
Faculty of Engineering, Saitama University
255 Shimo-okubo, Urawa 338, Saitama, Japan

Abstract: This paper reports a method of systems design in Object-Orientation Design, which uses the concept of Finite State Machine (FSM). Based on the methodology of SDL and expanded dataflow division, the method may be used to analysis the system and divide the system into hierarchical FSM's. Then the divided fractions can be candidates of objects. Again by using SDL technology, the object's behavior and operation can be obtained. The resultant objects are hierarchical, small, and simple. As an example, an Automated Teller Machine(ATM) network system is shown.

Key words *Object Orientation, System Design, Hierarchical Development, Topdown, SDL, Extended Finite State Machine*

1 はじめに

オブジェクト指向設計が世間の関心を集めている。この方法の利点は、現実状況の中の現実物を対象にする事が多いので、対象が明確で規定し易く、理解し易く、また再利用し易い。そこで、このようなソフトウェアは作り易くなる。しかし、オブジェクト指向設計はいくつかの問題を抱えている。現在のオブジェクト指向の方法論はやや高度のプログラム実現方法のレベルに留まっている。多くの企業は開発の標準手法としてトップダウンなシステム設計手順を採用しているが、オブジェクト指向設計方法論には、このようなシステム設計を先導していく方法が確立されていない。

本論文の目的は、この欠点を解消するために一つの方法を参考として述べることである。それは抽象機械 (Finite State Machine, FSM) を対象モデルとして、システムのトップダウンに展開して行く方法であり、従来手法を拡張するものである。この方法は電話交換システムの仕様記述方式として開発された ITU-SDL (Specification and Description Language) [10] 技術を用いる。SDL はシーケンス性のあるシステムの仕様記述からプログラム開発レベルまで適用でき、形式的仕様記述言語と図形表示様式を持ち、単一有限状態機械 (Finite State Machine, FSM) から相互に通信しあう複数の有限状態機械 (Extended FSM, EFSM) までを対象として、精密に取り扱うことができる。SDL には、数種の CASE ツールが市販されており、数多くのユーザーがいる。オブジェクト指向設計は、実体を扱うため、FSM モデルを取り込んでいる。オブジェクト指向設計と SDL 技術は共通の基礎を持っている。

2 既存研究と本論文の立場

現在、もっとも有名なオブジェクト指向の方法論は OMT 法、Booch 法、Coad/Yourdon 法、Shlaer/Mellor 法など [6] である。これらの方法論の設計思想は以下になっている。

これら全てに共通するのは、状態を持つ抽象機械をモデルとすることである、即ち：

- オブジェクト FSM の特性を持つ実体
- 従来から“機能”と呼ばれている入力から出力への情報変換及び
- 状態遷移やメッセージ送信

などの FSM についての観点を利用している。

OMT 法 [1]：現実世界からオブジェクトを発見し、それらを特徴付ける属性を洗い出して定義する。オブジェクトモデル、動的モデル、機能モデルの3モデルから構成されているが、大規模なシステムを分割する方法に至っていない。

Booch 法 [2]：要求分析によって要求ごとにシナリオが作られ、オブジェクトが構成される。この方法はオブジェクト間の制御機構を重視しているが、システム全体を見れば、階層性がない。

Coad/Yourdon 法 [3]：オブジェクトモデルを五つのレイヤに分けて考え、複雑で大規模なシステムを分割して分析できる。しかし具体的な手順は示されていない。

Shlaer/Mellor 法 [4]：多層オブジェクトモデルを用いる。最下位層には、システムの目的について限られた知識しか持ち合わせていないオブジェクトを配置する。最上位層には、システム全体の意向、目的を扱うオブジェクトを配置する。中間層には、補助的操作に関する、あるいは人や装置の調整に関するオブジェクトが配置される。Shlaer/Mellor 法はオブジェクトの階層性に注目している点は優れているが、設計手順が示されていない。

上のようにオブジェクト指向設計は、オブジェクトを認識しインヘリタンスやポリモルフィズムの効果を求めたい為に、“共通性”の概念を重視して

いる。しかし、システムの最初設計段階では、異質な概念を重視すべきである。オブジェクト指向におけるシステム設計方式として、次のように考える。

1. 一つの仮想的な FSM であるシステムを EF SM の多階層の集合体に展開する。系統的な方法は別論文 [8, 12] に説明されている。これは従来の方法を洗練したものである。
2. これらの EFSM はそれぞれオブジェクトの候補である。これら以外にカプセル化の観点からオブジェクトの候補を追加する。
3. これらの候補から、どのようにオブジェクトを決めるか、また、システムの再利用性を決めるためには、システムの主任設計者に委ねるべきと考える。これらの決定は事業計画などの経営面、競争面、製品の発展性を考えて決定するもので、ソフトウェアのみで決める問題ではない。

3 システムの設計

3.1 物を含めて概念を階層展開する

システム設計とは、異質なものを見出して展開することであるといえる。最上位の展開は、目的の階層性に基いて行なう。展開を重ねると、“目的”は次第にある物に変質していく。図 1 [7] は通信システムを目的概念に近い通信情報の交換から出発し、次第に“物”を展開し具体化していく過程の例である。上位では“物”中心に示されているが、それは着目対象がソフトもハードも超えて、ある効用を持つ物の概念により統一的に扱うものである。更に具体化されると、ある機能を持つ単位物になり、更にソフトとハードに展開される。このように、“物も含めた概念”の展開と考えると、システムの設計を統一的に扱える。

システムの設計は、第一に、この例のように階層的展開をする事である。それは多分に人間の知識構造あるいはその下部にある人間の脳の内部構造から生ずるものであろう。第二に、システム等のレ

ベルでは設計対象を階層展開する中には、具体的な物や概念も入れて行なってよい。それは、その言葉の概念の展開が中心だからである。

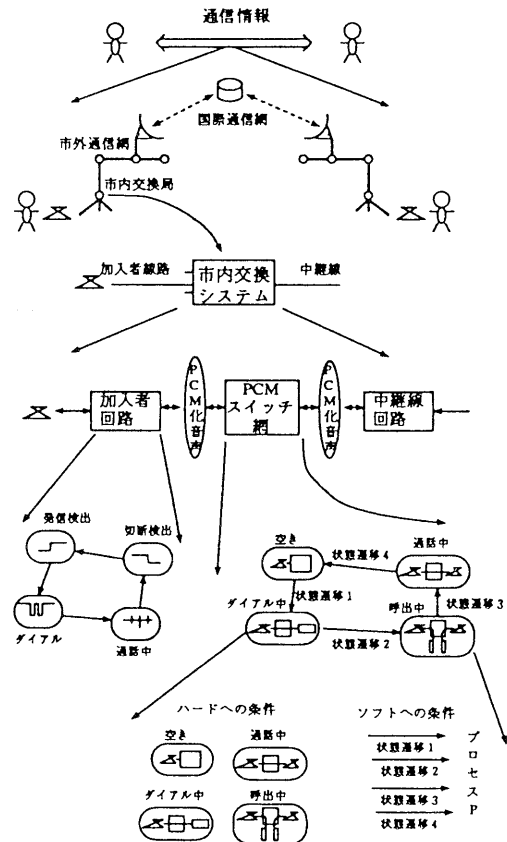


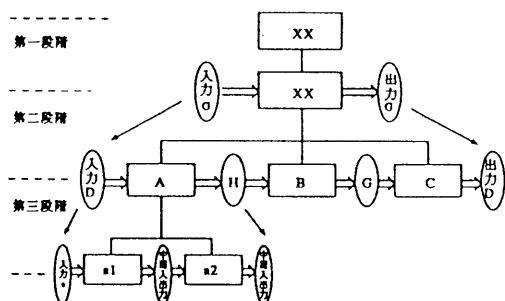
図 1: FSM の階層的展開例

3.2 正確に下位に展開する

下位の展開になるに従い、具体性が増すので正確な展開を行なわなければならない。詳細は別に報告 [8, 12] しているが、図 2 を参照して、その方法と条件の概略を以下に示す。

第一段階は、次の通りである。

- XX の出力概念を定める。その為に必要な



入力概念を定める.

- XX の効用／外部機能は入力, XX, 出力により実現できること.

第二段階は、展開を含み次の通りである。

- 入出力 D は上位入出力 G と同一又は正しい具体化であること。
- 中間点 II, G は、疎にするため抽象度が高く、簡単明確な概念であること。例えば S-T-S 分割を用いる。
- XX の効用／外部機能が A, B, C により正確に果たされること。(ただし、入力と出力の対象は同じになる場合があるから、A と C は一体になる可能性がある)。機能の表記は“xx を yy する”に統一する。

第三段階は、一般の展開である。

- 一般にある機能箱への入(出)力は、下位入(出)力にそのまま、あるいは階層的に正確に展開されること。
- 一般にある機能箱の機能は、下位の機能箱とそれらへの入出力の定義により、正しく実現できるものでなければならない。

この条件は、これまでのソフトウェア工学上の各種方法論の根底にある条件であり、オブジェクト

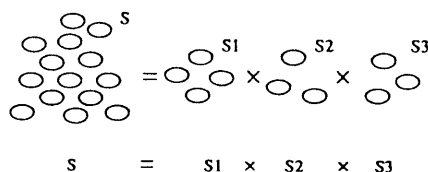
ト指向においても当然従わなければならない条件である。このように展開していく機能箱の中には、状態構造を持ち、FSM でモデル化できるものも含まれている。そこで、上位レベルをこのように展開すればオブジェクトの候補が一目で見えることになる。

3.3 有限状態機械の分解とその効果

システム設計では簡単化するために着目対象を相互に独立な構成要素に分ける。展開即ち分割することは簡単化にも大きく貢献する。図3はシステム分解の効果を示す。左側はS状態を持つ単一のFSM、右側は三つの相互に独立なFSMで、それぞれS1, S2, S3状態を持っている。左側の状態数は $S = S1 \times S2 \times S3$ であるが、右側の状態数は $S1 + S2 + S3$ である。

$$S_1 \times S_2 \times S_3 > (S_1 + S_2 + S_3)$$

であるから、分解することにより、状態数即ちソフトウェア規模は大幅に減る。そこで、ソフトウェアの複雑度は減少するし、またシステムの設計も容易にできる。このように分割方法によりソフトウェア全体規模は数倍に増減する [9]。



4 有限状態機械モデルでの展開方式

こは、具体的な例を設計しながら、展開方式を説明する。この例は参考文献 [1] の自動支払機 (ATM) ネットワークのシステムである。複数の銀行でコンソーシアムを結成して、ATM はコンソー

シアムのコンピュータに接続されている。各人の口座はそれぞれの銀行のコンピュータ内にあり、支払や預入を行なう。銀行には窓口もある、という設定である。

4.1 階層的に展開する

まず3.2に説明したように、正確に展開していく。図4はその結果である。

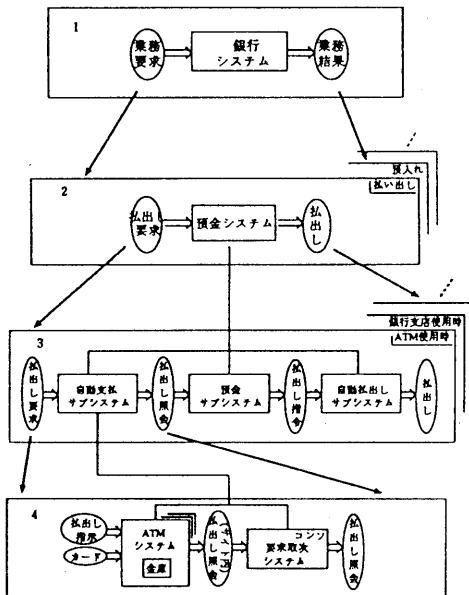


図4：銀行システム機能の分解

図4の3で預金システムは銀行のコンピュータ内にある、4の要求取次システムはコンソーシアムのコンピュータ内に設けられている。3では自動支払サブシステムは、入力側にも出力側にも表れ、状態構造を持つことが判る。図4では出力側の展開を省略したが、結果として、ATM系—コンソーシアム系—銀行系—コンソーシアム系—ATM系の流れが得られる。上位の段階でも、図4のように、各種の場合があるから、きちんとした展開をするには

大きな工数を必要とする。

熟練者であれば、このような手続きはしない。次の図5のように直接に展開できるであろう。これは物中心の展開にも見える。

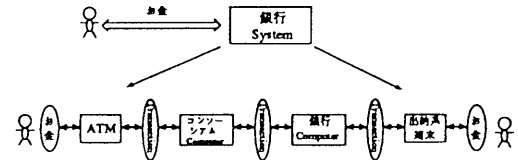


図5：銀行システム物の分解

熟練者は目的とする業務遂行のための情報の流れなどを知っているから、流れ全体を直ちに捕らえることができる。従って、これができる人は、このように直接下位に落しても、何ら差支えない。但し、下記に注意する必要がある。

- 物の持つ概念を物のみで表しているから、上位概念レベルの表記としては適当でも、機能の詳細化に適さない。預金システムの具体化にあたり、xx コンピュータのままでは、理解ができない。
- インタフェイスは全てトランザクションで、それぞれの場合の名称を持たないので、システムの機能的展開につながらない。

即ち、各部の機能やインタフェイス、トランザクションなどを標準化している場合には、標準化範囲内の開発であることを確認すれば、図5から下位に落して作業してよい。この条件が充されないなら、系統的方法によるべきである。逆に、いわゆるトランザクション分割も図4のような系統的方法で行なうべきである。

4.2 シーケンス図に詳細化する

現状のままではATMの中にはどんなFSMがある(どんなオブジェクトがある)かは、はっきり見えない。既にATMに入出する概念的なデータの流は前記の流れの分析で明らかになっている。これを具体化するためにシーケンス図にする。その主なものを順次取り上げる。第一は顧客とATMの間、顧客—ATM—顧客にあり、第二はコンソーシアム—ATM—コンソーシアムである。顧客—ATMは既に述べたように折り返し、図6のように示すことができる。

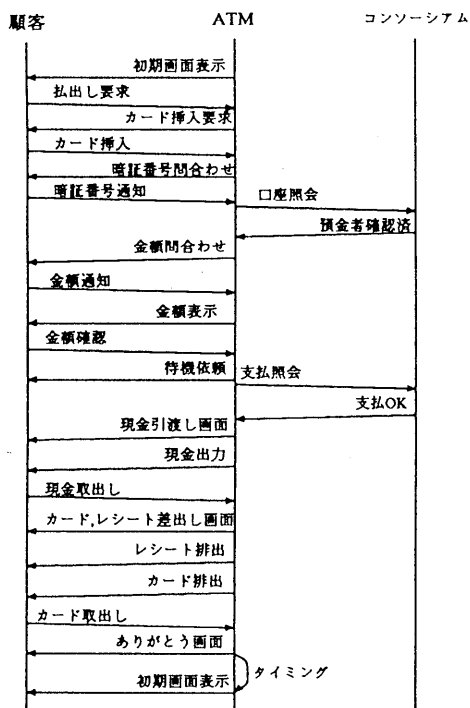


図 6: 上位のシーケンス図

顧客とATMに対するやりとりは抽象レベルであるが、ここで確定させる。このシーケンス図は上位の設計結果(この場合はデータフロー)を具体化したもので、誤りがあるてはならない。やり取りする信号は、考えているレベルに相応し、抽象レベル

で意味をもったものであることが重要である。

4.3 着目した対象をEFSM群に分解する

はじめに、物に対応させて設計してみる。このために内部の事物の図を書く。図7の中に破線はATM全体に対応し、顧客とのインタフェースの物中心に作った関連図である。全体の動作と情報交換を一本化するために、中央にATM全体を統括するATMsを置く。ATMsはATM内の払出し機能である。これらの物に基づいて、各構成要素は単機能的にできそうである。そこで、図の各物に対応させてATMの構成要素として、物の名称はFSMの名称に変更する。

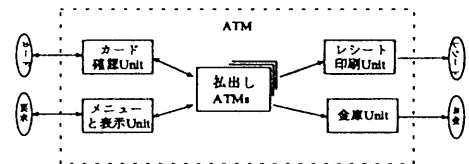


図 7: ATMの事物図

4.4 粗なシーケンス図を具体化する

上位のシーケンス図(図6)と内部の事物の図(図7)により、具体的なシーケンス図が書ける。図8はこの結果を示す。

4.5 メッセージシーケンス図を状態遷移図に変換する

各EFSMの振舞い(オブジェクトの操作)を決めるために、状態遷移図が必要である。ある縦線を対象として、シーケンス図を変換して、その状態遷移図にしていく。図8はATMsの正常動作部分の状態遷移図である。状態遷移の相隣る二状態の差は状態遷移中に挿入されるべきタスクになる。各場合のシーケンス図から対応する動作の状態遷移図を作り上げ、脱着している異常状態などを追加する。

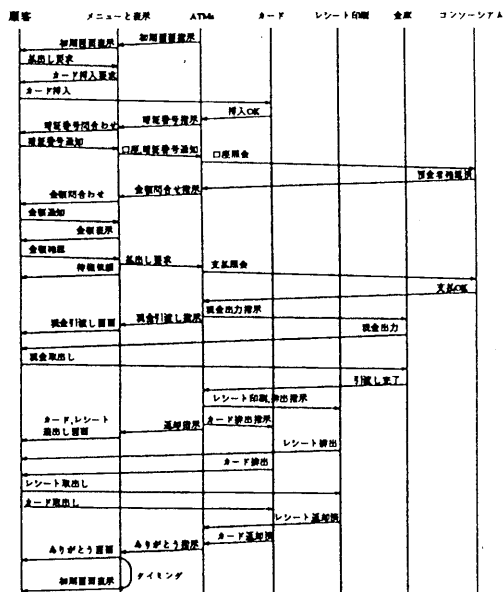


図 8: 詳細なシーケンス図

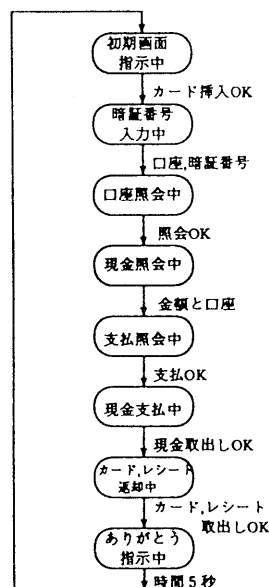


図 9: ATM_s の状態遷移図

すべての状態遷移を洗い出して詳細化する。これは、プログラムに対応するので、コードに変換すれば、プログラムが完成させられる。

ここまではオブジェクトを抽出するための設計を行なった。オブジェクトやクラスの完全な設計はここまでの設計に基づいて、整理して、抽象化しなければならない。

オブジェクトの制御機構は、別論文 [11, 7, 12] に説明するように状態遷移表により、個々オブジェクトの操作を実行させる。

設計は各種の要求条件を満たすように行なう。しかし、応用領域が完全に理解されていない、上手に設計ができないなどから、ある程度の手戻りは現実には不可避である。この場合、上位に遡ったり、下位に下がったりすることが必要であるが、ここに提案したように小さな段階毎に作業を進行させることは有効な策である。

5 結び

本論文は、SDL がオブジェクト指向設計より先駆的に FSM の技術を確立し応用している事から、SDL で確立された技術を拡張してオブジェクト指向への応用する方法を論じた。

1. オブジェクト指向設計は有限状態機械モデルを利用している。そこで、有限状態機械の分解をトップダウンに行なえば、システム設計の方法とすることができる。
2. SDL はさらに拡張有限状態機械を用いる。拡張した情報の流れを階層展開する事と、有限状態機械から拡張有限状態機械群に階層展開する事を組み合わせ、求めるシステムを階層的な拡張有限状態機械に変換できる。
3. これは、オブジェクトになり得る候補の一覧図である。さらにデータベースなど通常オブジェクトにしている物も追加して加えれば、充実した候補の一覧図になる。

4. 具体例として ATM ネットワークを取り上げ、SDL での厳密な手法の応用例を示した。

謝辞

本論文のオブジェクト指向について熱心して議論していただいた研究室の各位に感謝します。また、日本派遣の機会を与えていただいた中国航空工業総会社に深く感謝します。

参考文献

- [1] James Rumbaugh, Michael Blaha, William Premerlani, Frederick Eddy, William Lorenson, "Object-Oriented Modeling and Design," PRENTICE HALL, 1991.
- [2] Grady Booch, "OBJECT-ORIENTED ANALYSIS AND DESIGN with Applications," The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1994.
- [3] Peter Coad, Edward Yourdon, "Object-Oriented Design," Prentice-Hall International Editions, 1991.
- [4] S. シュレィアー / S.J. メラー, 本位田真一 / 伊藤潔 監訳, "オブジェクト指向システム分析," 近代科学社, 1992.
- [5] G. J. Myers, "Composite/Structured Design," Litton Educational, 1978.
- [6] 本位田 真一, 青山 幹雄, 深沢 良彰, 中谷 多哉子, "オブジェクト指向分析. 設計, 開発現場に見る実現の秘訣," 共立出版, 1995.
- [7] 河野 善彌, "ハード制御. 通信に用いる埋め込みシステムの設計手法," 電子情報通信学会, COMP 91-70, SS 91-27, 1991.
- [8] Zenya Koono, Behrouz H. Far, "High Quality Design Using SDL Technology," Proceedings of the Seventh SDL Forum, pp. 139-150, 1995.
- [9] Zenya Koono, Tetsuo Kondo, Mitsuo Igari, Kazuyuki Ohtsu, "STRUCTURAL WAY OF THINKING AS APPLIED TO GOOD DESIGN (PART 1. SOFTWARE SIZE)," IEEE Global Telecommunications Conference 1991, pp. 812-819, 1991.
- [10] Recommendation Z100, CCITT Specification and Description Language(SDL), 1994.
- [11] Zenya Koono, Toshihiro Kimura, Makato Iwamoto, Masahiro Soga, "A STORED PROGRAM CONTROLLED ENVIRONMENTAL FUNCTION TESTER BASED ON FMM/SDL DESIGN," International Switching Symposium 1987 PROCEEDINGS, 1987.
- [12] 河野 善彌, ベルーズ. H. フェー, "拡張有限状態機械をモデルとするシステムの設計方法," 情報処理学会ソフトウェア工学研究会 第 107 回, 1996.