

オブジェクト指向自然日本語記述言語 OONJ の設計とその記述力の評価

シミュレーション/科学技術計算/解析/設計等の応用ドメインの専門家ユーザが使えるオブジェクト指向技術の提案

島山 正行†

非情報系の科学技術諸分野の専門家(ドメインユーザ, DU)が扱う世界をオブジェクト指向(OO)に基づき自然日本語(NJ)を用いた記述方法としてOO構造化フレーム(OOSF)が提案された。しかし表現法や記述力が不足であり, OO記述言語 OONJ へと発展的な設計を行った。まず汎化階層の枠組みを導入して抽象的および実際の数値等(実値)を与えた要素の記述規則を, 次に対象全世界から NJ 単語までの集約階層の枠組みを導入した記述規則を設計した。OOSF の構造記述規則を大幅に拡張すると共に, 特に初期/境界条件, 対象世界の動き全体を記述するシナリオやスクリプト等を設計して, DU の専門領域を十分詳細に記述するための方法や領域を拡張した。“NJ 単位文”内部の構造化表現法を設計した。更に DU の個別の要求仕様を実現した記述規則や, 汎用的/個別的な適用記述規則も設計した。以上を OO 記述言語 OONJ という形式仕様に組み込んだ。OONJ の記述力を検証するため OOSF との比較は水の大気循環の現象を用いて評価した。以上の結果, 設計結果は当初の狙い通り OOSF よりも遥かに強い記述力/表現力を持つことが確認された。また OONJ 記述の持つ情報はプログラムを作るのに必要な「対象世界に関する汎用情報」を十二分に含むことも確認した。

A Design of Object-oriented Natural Japanese Description Language OONJ and Evaluations of Its Various Descriptive Power

MASAYUKI HATAKEYAMA†

The aim of the present paper is to design and provide a new Object-Oriented (OO), Natural Japanese (NJ) description language OONJ for the Domain Users (DUs) who analyze and describe the target phenomena in their own expert domain. To describe the abstractive or actual value objects, the “generalization hierarchy” has been introduced. To realize an arbitrarily detailed OO structured descriptions, the “aggregation hierarchy” of the old OO Structured Frame (OOSF) have greatly been extended. The “NJ unit sentence” has also been structured. Many various description rules for the DUs, like the initial/boundary conditions, the scenario and the whole world descriptions, have newly been applied and designed. All these rules have been built in into the formal framework of the OONJ. The comparisons with the old OOSF have been made using the description examples “Atmospheric circulations of the water” and others. The results have shown that the descriptive power of the OONJ for the actual usage of the DUs is far stronger than those of the OOSF or other OO languages, and the OONJ descriptions contain enough information to develop the simulation programs. The OONJ has successfully been constructed and provided as a new strong tool for the DUs.

1. はじめに

本論文は, 非情報系の科学技術諸分野の専門家(以下, ドメインユーザ(Domain User, DU))が扱う専門の世界(ドメイン)をオブジェクト指向(OO)に基づいてモデリングした結果を, 自然日本語(Natural Japanese, NJ)を基盤にした構造化記述言語の設計しその記述力を評価に関するものである。

以前から使われている同様な方法に OOSF¹⁾ があ

る。しかし構造化記述法である OOSF だけでは記述例が増えるにつれ表現法/記述力の不足が出てきた。(以降, “/”は「または, あるいは」の意味で用いる。)

例えば微分方程式の境界値問題を解く際の離散化近似式, 境界条件/初期条件, 世界全体の活動の記述方法等である。

そこで本論文では OOSF を出発点として上記の要請に応える記述規則や記述法を開発し, OO 分析記述言語という明示的な形式に纏める方針を立てた。この記述言語を OONJ(Object Oriented Natural Japanese)²⁾と呼ぶ。OONJ は各専門分野の自然日本語記述が本来持ち合わせている記述力の強さ, 深さ, 豊かさを可

† 茨城大学工学部情報工学科
Department of Computer & Information Sciences, Faculty of Engineering, Ibaraki University

能な限り明示形式で残し、それらを OOSF の構造記述規則を格段に拡張/詳細化して組み込む。更にはそれに留まらず、対象世界に存在する多様な要素や相互関係を DU に必要な詳細度と正確さを持った記述として実現する方法の確立を目標とする。

ただしこの様な拡張を行うと、DU には煩雑さあるいは理解の困難さが増してくることは必定である。詳細かつ正確な記述力と、DU の要求である記述の容易性や使い勝手の良さ等を同時に満たすことは非常に難しい。そこで本論文では、まずは専門家としての DU の側面が要求する複雑かつ詳細で正確な記述力/表現力を狙いとし、それ以外は OONJ 記述環境²⁾ や simpleOO 技術³⁾ の開発に依る実現に譲り、本論文では考慮しないものとした。

2. 記述要素種類の構成*と記述規則の設計

2.1 DU の拡張要求と強い記述力を実現する仕様設計

DU の記述要素の要求項目

- (1) 初期/境界条件, シナリオ
- (2) 式
- (3) 記号/変量, 無次元化
- (4) 対象世界全体
- (5) 実値化/抽象化
- (6) 実駆動要素
- (7) 複合文
- (8) 多様な構造記述

強い記述力と記述領域拡大の仕様設計項目

1. 要素種類表の拡張/改訂
2. 集約階層とグループ階層の構成
3. 汎化階層構成
4. 各階層毎の状況記述

2.2 記述要素構成の組合せ仕様設計

まず前節の結論から記述言語仕様の全体の枠組みは、以下の三つの独立した要素種類から構成する。

- (I) 対象世界の要素種類
- (II) 汎化階層の要素種類
- (III) 集約階層要素種類

OONJ の記述規則の設計作業は、上記の (I)(II)(III) から離散要素種類を 1 つずつ取り出して組合せ、その中から有効な組合せを見出し、それから有用な記述規則を、DU の要求も入れて設計する方針とする。

* (注) 構成とは各要素の内部構成の要素種類名と要素数について、相互関係を付与しない離散要素の集合を指す。これに対して構造とは相互関係を付与した離散要素の集団を指す。

2.3 対象世界の要素種類 (I) の構成設計
構成は前論文¹⁾ から大きく改訂し拡張した。

2.4 汎化階層の要素種類 (II) の構成設計

汎化記述階層は要素の抽象度に依って階層分けする枠組みである。通常必要な種類としては、実値要素、型要素、抽象要素、高抽象化(高汎化)要素、対象世界に想定する対象実(原)世界要素の五種類を設計した。

型要素、型階層要素とは対象実(原)世界要素を類型化することで一階層だけ抽象化した要素を指す。

実値要素、実値階層要素とは要素に対して実際に実世界での数値や具体名称等を与えたもので、現実の対象世界に存在する要素に対応する要素である。型要素に一意特定識別可能な“(実)値”を与えて実値化すると実際に具体的に振舞う(駆動する)ことが出来る。

2.5 集約階層の要素種類 (III) の構成設計

集約階層としては通常集約階層とグループ階層の二種類を採用し、対象世界の記述に必要な全部を網羅出来る定義とした。グループ階層を形成する纏まりを複要素集団と言い、特別な集約階層構造の要素集団と扱う。集約された要素群は集約という相互関係を要素間に付与することにより構造化される。全部で 21 種類を定義した。[...] 内は状況記述要素名を示す。

集約階層構成

対象全世界 (世界全体状況記述複フレーム集団)

DMU フレーム [DMU 全体状況記述スロット]

スロット [総称 NJ 単位文], サブスロット [主句] 句 [主単語], NJ 単語 (最小単位要素)

グループ階層構成

複フレーム集団 [複フレーム集団状況記述 DMU]

複スロット集団 [複スロット集団状況記述スロット]

複サブスロット (複行) 集団 [代表 NJ 単位文]

複句集団 [主句], 複単語集団 [主単語]

3. 汎化階層構成要素の構成と記述規則設計

通常、DU は抽象記述である型要素を原型要素として記述 DMU 群に残すことを希望するので、汎化階層構成ではこの事情も考慮して設計した。実際の OO 記述においても実値要素以外に、型階層以上の抽象要素は全て残すことができるものとした。記述例の図 1 の 2 番フレームの海がその例である。

型要素の実値化と実値要素の記述方法

OB パラダイムにおいて型要素に“値”を与えるに

は、原則として型要素をプロトタイプ (原型) として必要な数の分だけあらかじめコピーを作成する。そしてその型要素のコピーの方に対して実際に一意特定識別のための“値”を与えるものとする。型要素は原型として残すので「原型要素」とも言う。

4. 集約階層構成要素の記述規則設計

OOSF の仕組みは簡単には以下のように説明できる。

(1) 対象世界の記述は原則全て NJ 単位文に変換する。NJ 単位文は離散単位である。

(2) その離散単位の NJ 単位文を短冊形枠線に、すなわちスロットに收容し、スロット間に相互関係を付与することで構造化する。

(3) スロットを重ねて纏め、離散単位フレーム (オブジェクト) とする。

(4) フレーム間にも、複数の NJ 単位文を含むスロットにも、スロット内部のサブスロット (ただし枠無し) 間にも、必要な相互関係を付与して構造化する。

(5) DU の記述の内容、すなわち専門的な語彙、用語、記述の意味は NJ 単位文に含まれる。

この様にして NJ 記述に関する構造化を実現した。その構造化記述が十分に明示化出来るようになった分だけ OONJ の方が記述力が強いことになる。OONJ の集約階層構成要素の記述規則は主として以下の二点について拡張した。

(1) サブスロット記述において複雑な構造を持ち多様かつ任意に深い集約階層を十分な構造化記述法とその表記法と共に記述可能なように設計した。

(2) 集約階層構成の全ての集約階層に対する記述規則を追加設計した。

これらは何れも大幅な拡張ではあるが、OOSF の当初設計時の構造化原理は全く変更は無く、要素や相互関係の種類が増えただけである。

5. DU 要求の記述規則設計

スクリプチャは対象世界全体の定義を与えて俯瞰するフレームである。対象世界の全構成 DMU のリスト、全体状況記述フレームの定義、活性化定義、初期値や境界条件 (値) の活性化定義を行うと共に、対象世界の稼働開始依頼をシナリオに送る。

シナリオでは、対象世界全体の動的な推移や活動を時間軸に沿った記述をする。

初期/境界条件: 離散的な時間と空間を指定し、式または NJ 文を使って各変量記号の初期値や境界値を

与える。図 3 のフレーム (29) に一部の記述例を示す。

式一般: DU が用いる例えば差分方程式その他の、方程式、関係式等々を全て扱う。

座標系、記号や変量、無次元化: プログラムには直接関わらないが、DU には参照に必要である。

複合文構造記述規則では、サブスロット内部に記述された複数の NJ 単位文の並びの間の構造化 (相互関係を付与すること) は、特に、接続、反復 (繰り返し)、条件二分岐/多分岐、分散/並列、相互作用文、複文/重文、修飾節、式/アルゴリズム等を記述する特別な記述規則で、全 17 種類ある。

特定イベント展開という特別なフレームは、複数 (多数) の DMU が複雑に関わって離散集合を繰り返して、発生/消滅/融合/分離/破壊/組立等伴う複雑な現象においてイベント (活動、振舞い、出来事、事件) の方を中心とし (着目し)、それを簡潔に記述できるように設計したものである。化学反応や細胞分裂、本論文の相転移を伴う水の大気循環現象もそれに当たる。

6. OONJ の記述力評価

記述例の対象世界として相転移 (水、水蒸気、氷の物理的三態変化) を伴う水の大気循環の現象を取り上げた。現象としては誰でもよく知っている対象世界であるが、気象というドメインでの詳細に分析/再現する専門的な扱いも可能であるからである。

6.1 OONJ 記述の持つ情報量検証

—分析から実装までの一貫記述例の作成と評価—

OONJ 分析記述の後、設計記述への変換を施し、その記述をトランスレータに掛けると特定のプログラミング言語 (Fortran90, Java, C++) に自動変換するシステムが既に開発されている^{5),6)}。

そこで水の大気循環の記述例を適用した結果、記述例は問題なく三つの言語記述のプログラムに自動変換され、水の大気循環のシミュレーションプログラムは稼働した。ただし熱収支と質量収支の少なくとも一方に問題があり、数値的には正しい結果ではない。

更には分析からプログラムに至るまでの一貫した変換を通して、対象世界の OONJ 記述には存在してもプログラムには使われない情報も数多くあることが確認された。つまり OONJ 記述の情報は、シミュレーション駆動させるために実際に必要な情報を十二分に含んだ“汎用情報源”であり得ることを示すものであり、OONJ の記述力の強さを立証した。

6.2 その他のOONJ記述例データ

現時点での記述例は8例程度あり、極端なデータは除外した平均のデータは約で、フレーム数が29.4、スロット数が167、記述行数が764、記述量が196KB、分析時間が14時間、記述時間が58時間、経過期間が19日であった。

7. 現状と今後の課題

OONJ設計のまとめと結論

OONJは旧OOSF¹⁾の仕様を大幅に拡張した。その結果、幾つかの記述例から当初の目標である強い記述力を実現し、表現力は格段に向上したことを検証できた。DU要求に応えた記述規則は多様な表現力を生み出し、他のOO言語等との比較からOONJがDU向けの記述言語として有用なことも結論でき、当初の目標は実現された。

今後の課題としては以下が挙げられよう。

1. DUの要求に応じた言語仕様の拡張
2. 記述環境²⁾やsimpleOO技術³⁾の開発
3. OO一貫記述言語OOJに向けた設計と開発

参考文献

- 1) 島山正行, オブジェクト指向分析自然日本語構造化フレームOOSFの設計と表現技法, シミュレーション学会誌, Vol.22, No.4, pp.195-209, Dec., (2004).
- 2) 松本賢人, 島山正行, 安藤宣晶, オブジェクト指向分析記述言語OONJの設計原理構築と記述環境開発, 第150回SE研究会報告, 2005-SE-150, pp.57-64, (Nov. 29, 2005).
- 3) 島山正行, 池田武徳, 生井沢和也, 松本賢人, ドメインユーザにもやさしいオブジェクト指向自然日本語記述言語simpleOONJとその記述環境, 情報処理学会第102回HPC研究会報告, 2005-HPC-102, pp.23-26, (2005).
- 4) 島山正行, 松本賢人, オブジェクト指向自然日本語記述言語OONJの設計とその記述例, 情報処理学会第102回HPC研究会報告, 2005-HPC-102, pp.13-22, (2005).
- 5) 川澄成章, オブジェクト指向設計記述言語ODDJの設計とその記述環境の開発, 平成17年度茨城大学大学院情報工学専攻修士論文, 2006年3月.
- 6) 齋藤正樹, オブジェクト指向設計記述からのプログラム自動生成システム, 平成17年度茨城大学大学院情報工学専攻修士論文, 2006年3月.

| | |
|------------------------------|--|
| 2 fn1.1 海 | |
| 1 | fn2.8 面積 S, 比熱 C, 表面温度 Ts, 表面質量 Ms, 放射熱量 Qr, 吸収熱量 Qa, 保有熱量 Q |
| 2 | fn3.3 熱吸収する |
| -1 | fn3.2 熱放射を受ける < mp < 1:太陽 [2-8] |
| -2 | fn2.2 吸収熱量 Qa |
| -3 | fn3.1 熱吸収する |
| -4 | vfn3.1 $Q_{j+1} = Q_j + Qa * S$ |
| -5 | fn2.1 (面積 S, 保有熱量 Q, 吸収熱量 Qa) |
| -6 | fn3.1 温度が上昇する > [3] |
| 3 | fn3.3 温度が上昇する |
| -1 | fn3.1 表面温度を算出する |
| -2 | vfn3.1 $T_{sj+1} = Tsj + Q/(Ms * C)$ |
| -3 | fn2.1 (比熱 C, 表面温度 Ts, 表面質量 Ms, 保有熱量 Q) |
| -4 | fn3.1 蒸発する > [4] |
| 4 | fn3.3 蒸発する |
| -1 | fn3.2 Δt 時間後の水の量を求めさせる > mp > 35:H2Oの相転移イベント |
| -2 | fn2.2 (表面温度 Ts, 圧力 P, 時間 Δt, 水蒸気量 Vj, 水滴量 Wj, 水量 Sj) |
| -3 | vfn2.2 $(Vj = 0, Wj = Ms, Sj = 0)$ |
| -4 | fn3.2 Δt 時間後の水の量を受け取る < mp < 35:H2Oの相転移イベント |
| -5 | fn2.2 (水蒸気量 Vj+1, 水滴量 Wj+1, 水量 Sj+1) |
| -6 | fn3.2 水蒸気が上昇する > mp > 13:海上空雲 1[2-1] |
| -7 | fn2.2 水蒸気量 Vj+1 |
| -8 | fn3.1 熱放射する > [5] |
| 6 | fn3.1 温度が低下する |
| -1 | fn3.1 表面温度を算出する |
| -2 | vfn3.1 $Tsj+1 = Tsj - Qr/(Ms * C)$ |
| -3 | fn2.1 (比熱 C, 表面温度 Ts, 表面質量 Ms, 放射熱量 Qr) |
| 7 | fn3.3 川からの流入を受ける < mp < 3:川 [8-1] |
| 8 | fn3.3 雨/雪を受ける < mp < 10:海上空雲 |
| 17 fn1.1 海上空雲 5 <特化< 10:海上空雲 | |
| 1 | fn2.8 水蒸気量 V, 水滴量 W, 水量 S, 気温 T, 圧力 P, 降雨/降雪基準量 B |
| 2 | fn3.3 水を受ける <引用< 9:雲 [5] |
| -1 | fn3.2 [5-1]:下層から水を受け取る < mp < 16:海上空雲 4[9-5] |
| 3 | fn3.3 上層からの降雨/降雪を受け取る <引用< 9:雲 [6] |
| 4 | fn3.3 雲発生を判断する <引用< 9:雲 [7] |
| -1 | vfn3.1 [7-2]:T=海上空雲 4の気温 Tz-0.333 |
| 5 | fn3.3 降雨/降雪を判断する <引用< 10:海上空雲 [5] |
| 6 | fn3.3 移動する |
| -1 | pfn3.1 (二分岐) 雲量が降雨/降雪基準量よりも大きい |
| -2 | pfn3.1 (真) 高度が限界なので, 同高度の大気への移動のみ実行する |
| -3 | fn3.1 移動量 m を算出する |
| -4 | vfn3.1 $m = 移動力 * Vj * Δt$ |
| -5 | fn3.2 同高度の大気へ移動する > mp > (22:川上空雲 5[10-1], 27:大地上空雲 5[10-1]) |
| -6 | fn2.2 水蒸気量 m |
| -7 | fn3.1 水が減る |
| -8 | vfn3.1 $Vj+1 = Vj - m$ |
| -9 | fn2.1 水蒸気量 V |
| -10 | pfn3.1 (偽) 何もしない |
| -11 | pfn3.1 (二分岐終了) |
| 7 | fn3.3 拡大する <引用< 9:雲 [10] |

図1 OONJ記述例(水の気象循環現象)
Fig.1 OONJ description example