

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

島山 正行[†] 松本 賢人^{††}

要約: オブジェクト指向 (以降, OO と略) に基づいて非情報系の科学技術諸分野の専門家が扱う世界を自然日本語 (NJ) を用いて記述する方法として OO 構造化フレーム (OOSF) が提案され, 使われて来ている. しかし記述例が増えるに連れて記述力や表現法の不足が浮かび上がってきた. そこで OOSF の構造記述規則を大幅に拡張すると共に, NJ 記述についても制約的な構文規則を設計して記述力を向上させ表現法を改良し, OO 記述言語 OONJ という明示的形式で設計/提案した. 設計結果は狙いをほぼ実現した. 今後は記述例や利用者を増やして更なる改良を目指す.

A Design of Object-oriented Natural Japanese Description Language OONJ and Its Description Examples

MASAYUKI HATAKEYAMA[†] and YOSHITO MATSUMOTO^{††}

Abstract: The aim of the present paper is to design and provide a new Object-Oriented (hereafter OO) description language OONJ for the Domain Users (DUs) who analyze and describe their target phenomena in their expert domain. We have extended the OOSF (OO Structured Frame) and designed/built in the description power for an arbitrarily detailed OO-structured descriptions, and for the discretization and structurization of the Natural Japanese(NJ) descriptions. As the results, the OONJ has successfully been constructed for the OO-structured descriptions and provided a new OO description method for the actual usage of the DUs. Our next tasks are to increase description examples and users to improve the description power and representation style of the OONJ.

1. はじめに

著者は既出の論文¹⁾において, 非情報系の科学技術諸分野の専門家 (以降, ドメインユーザ (DU) と呼ぶ) が扱う専門的世界 (ドメインと呼ぶ) をオブジェクト指向 (以降, OO と略) に基づいてモデリング⁴⁾した結果を, 自然日本語 (NJ) を基盤にして OO 構造化して記述する方法を提案した. この方法は既に使われて来ているが^{1)~3)}, 記述例が増えるに連れて記述力に不足が指摘されてきた. 例えば, 微分方程式の境界値問題を解く際に必要な微分方程式やその離散化された式, 境界条件等の記述法などがある.

そこで本論文では OOSF と NJ 単位文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, OO 記述言語という明示形式化された形で提案/開発する. この記

述言語を OONJ(Object Oriented Natural Japanese) と呼ぶ. OONJ は詳細で正確な記述を実現するに留まらず, 自然日本語が本来持ち合わせている記述力の強さと豊かさ, 及び深さについて DU が必要としているものを可能な限り組み込んで使える仕組みを確立することを唯一の狙いと目標にする.

そのため著者が以前提案した OO 構造化フレーム OOSF(OO Structured Frame) の構造記述規則を拡張/詳細化すると共に, NJ にある多くの強く豊かで多様な記述を制約された構文規則という形で OONJ に取り入れる. それにより DU が要求する記述を可能な限り記述可能にする基本仕様の設計を試みる. 設計項目を表 1 に示す.

勿論全ての分野に適用できるように, かつ上記各項目の全てを十分一般的に規定することは不可能であり, 基礎・基本となる構文規則を設計するに止める. そこで, OONJ を基本とした拡張系の OONJ を各 DU が (或いは著者達と協力して) 構築・規定することが望ましい. OONJ であれば DU がこの様な形で関わることは十分に容易である.

[†] 茨城大学工学部情報工学科

Department of Computer & Information Sciences, Faculty of Engineering, Ibaraki University

^{††} 茨城大学大学院理工学研究科情報工学専攻 Graduate School of Science & Engineering, Ibaraki University

表 1 OONJ 設計の目標

<p>【 】構造記述規則 (OOSF) の任意詳細化とその記述法設計</p> <p>(1) フレームを構成するサブスロットの任意深さの階層構造の詳細化記述法の設計</p> <p>(2) 抽象オブジェクトを記述する汎化階層構造や実の値を与える具体オブジェクト, 集約階層オブジェクトなどの記述方法の詳細具体化</p> <p>(3) 多重/多様な記述を許す記述規則とその具体的記述法の設計</p> <p>【 】NJ の構文規則にも関わる記述規則の設計</p> <p>(4) NJ 単位文の文法 (= 構文規則) の制約/指定記述法の設計を行う。例えば, メッセージパッキングは助詞等も含め一意特定識別可能な形式に指定可能となるように形式化する。</p> <p>(5) スロット内部の複数の単文を明示的に構造化記述する複合文様式の設計。</p> <p>(6) 科学技術分野に必須な時間/空間座標系の概念, 初期/境界条件, 制約条件, シナリオ/スクリプト等の記述法や記述規則の設計。</p> <p>(7) 微分方程式やその離散化方程式, 数式, 論理式, 関係式等の多様な式や関数, 記号/表現等の科学技術分野の各分野特有の内容の表現定義と記述法 (記述規則) の設計。</p> <p>(8) NJ 文法の OO 構造化記述法の提案, すなわち, NJ 単位文中の各単語や文節を OO 的に一意特定識別表現できる仕組みを確立して, 記述の曖昧さを排除可能なようにできる方法を構築する。</p>
--

2. 記述言語 OONJ の設計

2.1 構造記述規則 (OOSF, 表 2) の拡張

既出の論文¹⁾ で設計した OOSF 構造記述規則を少し拡張したものを表 2 に示す。主な拡張点はサブスロット記述において任意に深い階層階層を記述できるようにした点である。ただし階層の設定には DU の任意性 (DU の対象世界の特性に応じた設計事項の決定) が含まれているので要注意である。

もう一つの重要な点は, DU は抽象オブジェクトをモデリング/記述していても実際にはそれを稼働するオブジェクトとして用いていることが多いという点である。OO パラダイムから見るとこの様な利用方法は標準的ではないが, DU にとっては常用する方法である。手続き型の (Fortran などを用いた) プログラムを書いてきた DU のこの方式を OO でも実現する方法を提案する。従って, その考えに対応させた概念オブ

ジェクトとして, 実値オブジェクト (実際の数値などが与えられて稼働可能なオブジェクト), 型オブジェクト (属性や振舞いが全て揃ったオブジェクト), 抽象オブジェクトを区別する。

2.2 対象世界状況記述規則 (表 3)

各 DU の対象世界においては通常, 空間や時間が定義される。また境界条件/初期条件の記述も重要である。初期状態の設定や各オブジェクトがどの様に相互作用しながら動いて行くかを記述するシナリオ/スクリプトもシミュレーションにおいては要である。それらは OO では正式に構文規則等で定義されたことは少ない。

そこで, 既に形式的には定義されていた¹⁾ にこれらの項目を詳細設計する。即ち各階層における対象世界に対する共通の状況記述要素オブジェクト (fm5.y.z) の記述規則を設計する。ただし, 各分野には各々特有な表現法等があり, それに応じた特殊な規則等も必要な場合が出てくると容易に予測される。しかし, 本章で設計する記述規則は汎用的な規則を狙わざるを得なかった。したがって各ドメインの記述を実際に行うには各ドメイン毎の規則の拡張や変更が DU 自身によって行われることが必要となろう。この DU による拡張や変更は実は DU 自身にも容易に実現できる。

2.3 多重構造記述規則 (表 4)

多重構造化とは, 一つの事物 (オブジェクトすなわちフレーム, 振舞いのスロット, 属性の組等,) が複数の異なる特性を持つ複数の事物に相当する場合の構造化記述法である。例えば水の三態変化, 立場によって全く異なる言動をする人, 同じ振舞いの別表現など, 従来の OO では殆ど使うことがなかった多様なオブジェクトを定義/記述することが出来, 化学変化などを典型分野として, 多くの専門分野での使い途が考えられる。この規則は表 2 の構造記述規則とその殆どについて対応する規則がある重なった定義となる。ただし, 多重構造の複雑さのため, この表 4 の記述規則は未だ不完全である。

2.4 NJ 制約記述規則 (構文規則, 表 5)

OONJ においては, NJ 単位文 (記述) は NJ としての制約は基本的には課さない, としている。しかし多様な NJ 単位文 (記述) を個々に, 対応する記述としての文に当てはめて行くと, 自ずから文型やスタイルが限定されてくる。そこで, 分析記述の下流に当たる設計や実装段階の記述のことも考慮して, 緩い制約, あるいは, 一意特定識別に決まらばいいにはその規則/

原則等を明示形式化しておくことは有益であろうと考えた。そこでそれを OONJ 構文規則 (正確には NJ 制約記述規則) として明示形式化した。

2.5 複合文様式構造記述規則 (表 6, 表 7)

サブスロット内部において複数の NJ 単位文が格納された場合, それらの文の間の構造化 (相互関係を付与すること) が必要である。一般的には既に規定された OOSF の適用で充分である。しかし, 繰り返し, 条件分岐などの振舞いについてはある標準的なパターンが存在する。これを一意的に特定識別して緩い制約として決めることは DU にとって有益であろうと考え, 記述規則として定めた。相互作用文, 修飾複合文, 式やアルゴリズム記述文, 境界条件/初期条件, 等を決めてある。DU の必要に応じて改訂や拡張を多様な内容に対応する記述規則を順次設定する予定である。

2.6 OONJ 記述規則の全体構成

OOSF 構造記述規則, 対象世界状況記述規則, 多重構造記述規則の三つを構造記述規則, 構文規則と複合文様式の構文規則系の規則, 併せて記述規則と呼ぶ。これらは各々の内部を今後充実させる予定である。なお, 本論文においては意味規則に類するものを全て省略した。何れ別稿として発表する必要がある。

3. OONJ を用いた記述例とその特徴

対象世界として水の気循環を取り上げた。その一部のフレームを図 1 と図 2 に示した。フレーム名を鉤括弧で括って示すと, この対象世界では [太陽] から熱が放射されて [海] [川] [大地] に降り注ぎ, 水が [海] から蒸発して [雲] になり [川] や [大地] 上空に移動して [川] と [大地] に降り注ぎ, それらの水は [海] に流れ込む。

ただし現時点では水自体は単独にはオブジェクトとして定義されて居らず, 水の三態変化に関する記述は正確にはモデリングされておらず, 水自体を明示しない最も簡易な記述に止まっている。記述全体のフレーム数は全部で 34, 記述は約 1000 行弱ほどになる。

その中で図 1 と図 2 で取り上げたフレームとしては [雲], その特化した [海上空雲] (3 種類ある), 更に特化した [海上空雲 (高度 1)] (各々 5 種類ある), そして [初期状況記述] の一部, である。その他に, 図に示さなかったフレームの主なものとしては [境界状況] [離散時間/空間定義] [記号, 単位定数, 無次元参照量定義] [シナリオ] 等がある。水の気循環

の OONJ 記述は対応した JAVA プログラムも準備されており, 分析段階で必要な要素や構造, データ (実値), と実装されたプログラムの記述との比較が可能になってはいる。勿論未だ正式に比較すべき対応関係にはなってもおらず, 自動変換から得られたプログラムではなく, 手動で別途得られたプログラムである。

現時点で OONJ 記述についての特徴としては, simpleOONJ 記述⁵⁾ の自動販売機の記述と比較すると, 専門性の高さもあって, 式や記号, 正確な表現の出現などがあって, 記述した DU 以外には多少難しさが出ている, という点であろう。

4. ま と め

OONJ 設計のまとめ: OONJ の記述規則は当初の OOSF¹⁾ に比較すると, 記述規則自体がかなり多数にかつ複雑になってしまった。確かに記述可能な範疇や詳細さは大幅に向上したが, DU が記述を行うには多少とも敷居が高くなったことは否めない。しかし, OONJ の目標である“強い記述力”や“良好な記述性”は実現できたと判断している。

今後の計画

1. 記述規則も全体的にまだまだ充分ではない。今後補強/拡張する必要がある。
2. 使いやすさを実現する何らかの記述支援環境などの仕組みが必要であろう。

参 考 文 献

- 1) 畠山正行, 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, 22-4, 195/209, Dec., (2004).
- 2) 畠山正行, 加藤木和夫, 石井義之, オブジェクト指向記述日本語 OODJ とその記述環境, 情報処理学会論文誌, 41-9, pp.2567-2581, (2000).
- 3) 畠山正行, 加藤木和夫, 上田賀一, オブジェクト指向自然日本語 OONJ の設計と評価, 第 130 回ソフトウェア工学研究会, 01-SE-130, (2001)
- 4) 畠山正行, オブジェクト指向分析モデリングの明示形式化・詳細化・手順化, シミュレーション学会誌, 21-4, pp.295-309, Dec., (2003).
- 5) 畠山正行, 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, 第 102 回 HPC 研究発表会研究報告, (2005)。

表 2 OONJ 記述規則 (1/5) OOSF 構造記述基本規則

(1) <対象世界> ::= (< lf > ⁺³ <フレーム>) ⁺ (< lf > ⁺³ <複フレーム集団>)* (< lf > ⁺³ <世界全体状況記述フレーム>) ⁺
(2) <フレーム> ::= <フレームヘッダスロット> (< lf > (<複スロット集団> <スロット>)) ⁺
(3) <フレームヘッダスロット> ::= <フレーム一意特定識別子> < sp > <ファセット記号> < sp > <フレーム名> [<相互関係>]
(4) <フレーム一意特定識別子> ::= フレーム番号 (注) 通常は 1 から始まる昇順の整数である .
(5) <フレーム名> ::= DMU 名
(6) <相互関係> ::= 右詰め <相互関係記号> <相互関係相手名リスト> (注) 右詰め は各行の右端詰め (寄せ) 記述を意味する .
(7) <相互関係記号> ::= (“ ” <相互関係名> “ ”) (“ ” <相互関係名> (“ ” “ ”)) (注 1)
(8) <相互関係名> ::= “ mp ” “ mp0 ” “ mp1 ” “ 汎化 ” “ 特化 ” “ 抽象化 ” “ 実体化 ” “ 集約 ” “ 被集約 ” “ グループ化 ” “ 再帰展開 ” “ 離散化 ” “ 再構成 ” “ 詳細化 ” “ 接続 (逐次) ” “ 反復 ” “ 分岐 ” “ 分散 ” “ 並列 ” “ 固定 ” “ 引用 ” “ その他の相互関係名
(9) <相互関係相手名リスト> ::= <相互関係相手名> (“ (“ ” <相互関係相手名> (“ , ” <相互関係相手名>) ⁺ “) ”)
(10) <相互関係相手名> ::= <フレーム一意特定識別子> “ : ” <フレーム名> [“ [“ ” <スロット一意特定識別子> [“ - ” <行番号>] ”] ”]
(11) <スロット> ::= 短冊形のスロット実線外枠線 【 <スロット内部記述> 】 (注) 各フレームのスロット長は揃える .
(12) <スロット内部記述> ::= (<スロット総称文記述> <注釈>) [< lf > (<サブスロット記述> <注釈>)]
(13) <スロット総称文記述> ::= <スロット一意特定識別子> < sp > <ファセット記号 (fn3.3, 3.5 等)> [(スロット総称名 <スロット代表名>) < sp >] [<時間/空間設定記述>] NJ 単位文 [<行内注釈>] [<相互関係>] [< lf > <付置属性記述>]
(14) <スロット一意特定識別子> ::= スロット番号 (注) 通常は 1 から始まる昇順の整数である .
(15) <ファセット記号> ::= “ fn ” ファセット番号 (表??参照) [“ / ” <文型番号>]
(16) <スロット代表名> ::= (見出し タイトル 柱書き 表題 主題 その他代表名) これで良いのか? 他に無いか再考 !!
(17) <サブスロット記述> ::= <サブスロット形式記号> [<時間/空間設定記述>] [< sp > <構造化接続詞> “ , ” NJ 単位文 [<行内注釈>] [<相互関係>] [< lf > <付置属性記述>] [< lf > <サブスロット記述>]
(18) <サブスロット形式記号> ::= (<サブスロット一意特定識別子> < sp > ⁺³) <ファセット記号> <記述階層表現子>
(19) <サブスロット一意特定識別子> ::= ((スロット番号 < sp >) “ - ” <行番号>) <階層化サブスロット識別子>
(20) <階層化サブスロット識別子> ::= <スロット一意特定識別子> (“ . ” <第 m 階層サブスロット行番号>) ^{+m} (注) m は 1 から昇順に 2, 3, と順次 L まで . 1 m L L は当該スロットの最深のサブスロット階層番号 .
(21) <記述階層表現子> ::= ((< mr > “ 字下げ ”) < mr1 >) <階層構造表記録線> (注) 字下げ は下階層を示し, 全角 1 文字
(22) <構造化接続詞> ::= (“ (“ ” (“ “ したがって ” “ そして ” “ かつ ” “ 更には ” “ 及び ” “ しかし ”) 箇条書き先頭に付ける順序詞 式番号 NJ 単位文毎に付す順序詞 集合/集約/順序を表す区切り子としてのコンマ (,) <上添え字, 下添え字> その他 “) ”) (注) NJ 単位文間に相互関係 (構造化) 記号として置くことで構造化を定義/表現する .
(23) <付置属性記述> ::= (<サブスロット一意特定識別子 (“ ” (集約))> < sp > ⁺³) (fn2.1 fn2.5) < mr1 > “ ” 付置属性記述 NJ 単位文
(24) <行番号> ::= 1 から始まる昇順の整数
(25) <文型番号> ::= “ 1 ” “ 2 ” “ 3 ” “ 4 ” “ 5 ” (注) 表??の五つの文型のどれかを指定する .
(26) <階層構造表記録線> ::= (“ ” (集約, 付置属性記述) “ ” (多様構造化記述, グループ化) “ ” (特化))
(27) <第 m 階層サブスロット行番号> ::= 各階層毎個別系列行番号
(28) <注釈> ::= (スロット番号 <サブスロット一意特定識別子>) “ (注釈:) ” 任意 NJ 記述 (注) 任意の行に挿入可 .
(29) <行内注釈> ::= < sp > ⁺² “ # ” <任意 NJ 記述> < sp > ⁺
(30) < lf > ::= 次の行またはスロットに移り, その左先頭へ戻ることを示す記号
(31) < sp > ::= DU 定義の任意一定幅空白 (注) default は全角で 1 文字
(32) < mr > ::= 直上の行に <階層表記録線> があればそこまで右シフト, それ以外では mr1 に同じ . move right の省略形
(33) < mr1 > ::= その右に記述する NJ 単位文が属する記述階層まで右にシフトする . (注) default は mr である .
(34) 【 】 ::= 短冊形のスロット外枠線内への収容を示す記号 . <フレームヘッダスロット> だけは外枠線を入れない .

表 3 OONJ 構造記述規則 (2/5) 対象世界全体状況代表記述規則

(注) < > +ⁿ は n 個以上 (n=1 の場合は省略可), < > * は 0 個以上 [] は 0 or 1

(1) <対象世界全体状況代表記述フレーム> ::= <離散時間定義フレーム> + <離散空間定義フレーム> + <状況記述複フレーム集団> * <状況記述フレーム> + (<シナリオフレーム> <スクリプトフレーム>)+ <対象世界全体自己記述フレーム>
(2) <離散時間定義フレーム> ::= <フレームヘッダスロット> (<lf> <離散時間定義スロット>)+
(3) <離散時間定義スロット> ::= 短冊形のスロット実線外枠線 【 スロット番号 <sp> ”fn5.1.1 t=” (数値 <数式>) <lf> ”fn5.1.2 t=” ((数値 <数式>) 時間定義 NJ 単位文 +)】 (注) 最も簡単な定義に留めた .
(4) <数式> ::= 各 DU のドメインで使われている表現形式の任意数式
(5) <離散空間定義フレーム> ::= <フレームヘッダスロット> (<lf> <離散空間定義スロット>)+
(6) <離散空間定義スロット> ::= 短冊形のスロット実線外枠線 【 スロット番号 <sp> ”fn5.2.1 x=” (数値 <数式>) ”, y=” (数値 <数式>)”, z=” (数値 <数式>) <lf> ”fn5.2.2 ” <sp> + ³ (<数式> 空間座標系定義 NJ 単位文)+】 (注) 最も簡単な定義に留めた .
(7) <状況定義記述複フレーム集団> ::= (<階層表記録> * <状況定義記述フレーム>)+
(8) <状況定義記述フレーム> ::= <初期状況記述フレーム> * <境界状況記述フレーム> *
(9) <初期状況記述フレーム> ::= <フレームヘッダスロット> (<lf> <初期状況記述スロット>)+
(10) <初期状況記述フレーム (簡易版)> ::= <フレームヘッダスロット> (<lf> <初期状況記述スロット (簡易版)>)+
(11) <初期状況記述スロット> ::= 短冊形のスロット実線外枠線 【 スロット番号 <sp> ”時刻 t = ” (数値 <数式>) <lf> <mr> ”位置座標 = ” (<数値の組> <数式の組>) (<lf> <記述階層表現> (属性初期状況 NJ 記述 振舞い初期状況 NJ 記述)) 制約属性 NJ 記述 *】
(12) <初期状況記述スロット (簡易版)> ::= 短冊形のスロット実線外枠線 【 スロット番号 <sp> ”時刻 t = ” 数値 ”, 位置座標 = ” <数値の組> “:” (属性初期状況 NJ 記述 振舞い初期状況 NJ 記述)+】
(13) <境界状況記述フレーム> ::= <フレームヘッダスロット> (<lf> <境界条件状況記述スロット>)+
(14) <境界状況記述スロット> ::= 短冊形のスロット実線外枠線 【 スロット番号 <sp> (”境界座標 = ” (<数値の組> <数式の組>) (<lf> <記述階層表現> (属性 NJ 記述 振舞い NJ 記述) 制約属性 NJ 記述 *)+】
(15) <シナリオフレーム> ::= <フレームヘッダスロット> (<lf> <シナリオスロット>)+
(16) <シナリオスロット> ::= 短冊形のスロット実線外枠線 【 スロット番号 <sp> <時間/空間設定記述> <sp> 対象世界の動きの NJ 単位文 <シナリオ相互関係 (引用)>】
(17) <時間/空間設定記述> ::= “ (t= ” 時刻表示 “ , x= ” 座標値 “ , y= ” 座標値 “ , z= ” 座標値 “) ”
(18) <シナリオ相互関係 (引用)> ::= “ 引用 ” <相互関係 (引用) 相手名>
(19) <スクリプトフレーム> ::= <フレームヘッダスロット> (<lf> (<初期状況記述スロット> <初期状況記述スロット (簡易版)> <境界条件状況記述スロット> <シナリオスロット>))+

(注) <初期状況記述フレーム/スロット>については、<離散時間定義フレーム/スロット>を並記すれば、<任意特定時期状況記述フレーム/スロット>を許す。

表 4 OONJ 構造記述規則 (3/5) 多重記述構造規則

(注) < > +ⁿ は n 個以上 (n=1 の場合は省略可), < > * は 0 個以上 [] は 0 or 1

(1) 《1》 <多重対象世界> ::= (< lf > + ³ <多重フレーム>)+ (< lf > + ³ <多重フレーム集団>)* < lf > + ³ <多重対象世界共通フレーム>
(2) 《2》 <多重フレーム集団> ::= <多重階層表記線> (< lf > + ³ <多重フレーム>)+ ²
(3) 《3》 <多重フレーム> ::= <多重フレームヘッダスロット> (< lf > (<多重スロット> <多重スロット集団>))+
(4) <多重階層表記線> ::= “ ” (各フレームの左に複フレーム集団全体をカバーする太い縦線.)
(5) 《4》 <多重フレームヘッダスロット> ::: <フレーム一意特定識別子> < sp > <多重ファセット記号> < sp > <多重フレーム名> [<多重相互関係>]
(6) 《6》 <多重フレーム名> ::: “ (” <多重要素識別子> “ . ” 代表フレーム名 (“ , ” <多重要素識別子> “ . ” 非代表フレーム名)+ “) ”
(7) 《9》 <多重相互関係> ::= 右詰め <多重相互関係記号> <多重相互関係相手名リスト>
(8) 《10》 <多重相互関係記号> ::= (“ ” <多重相互関係名> “ ”) (“ ” <多重相互関係名> (“ ” “ ”))
(9) 《11》 <多重相互関係名> ::= (“ ” <代表相互関係名> (“ , ” <非代表相互関係名>)+ “) ”
(10) 《11》 <代表相互関係名> ::= <相互関係名> ::= <非代表相互関係名>
(11) 《12》 <多重相互関係相手名リスト> ::= <多重ファセット記号> < sp > “ (” <多重要素識別子> “ . ” 代表相互関係相手名 (“ , ” <多重要素識別子> “ . ” 多重相互関係相手名)+ “) ”
(12) 《13》 <多重相互関係相手名> ::: <多重フレーム一意特定識別子> <多重フレーム名> [“ [” <多重スロット一意特定識別子> “] ”]
(13) 《17》 <多重スロット> ::= 短冊形のスロット実線外枠線 【 <多重スロット内部記述> 】
(14) 《18》 <多重スロット内部記述> ::= <多重スロット総称文> (< lf > <多重サブスロット記述>)+
(15) 《19》 <多重スロット総称文> ::= <多重スロット一意特定識別子> < sp > <多重ファセット記号> (多重スロット総称名 <多重スロット代表名>) < sp > NJ 単位文 [<多重相互関係>]
(16) 《20》 <多重スロット一意特定識別子> ::= スロット番号 <多重要素識別子>
(17) 《21》 <多重ファセット記号> ::= (“ vfn ” “ mfn ”) ファセット番号 (表??参照) [“ / ” <文型番号>]
(18) 《22》 <多重スロット代表名> ::= 見出し タイトル 柱書き 表題 主題 その他代表名 ちよっと違うぜ. 他に !!
(19) <多重要素識別子> ::= “ a ” “ b ” “ c ” “ d ” “ e ” “ . ” “ ”
(20) 《23》 <多重サブスロット記述> ::: <多重サブスロット形式記号> NJ 単位文 [<多重相互関係>] [< lf > <多重サブスロット記述>]
(21) 《24》 <多重サブスロット形式記号> ::= (<多重サブスロット一意特定識別子> < sp > + ³) <多重ファセット記号> <階層表記線 (多重構造化記述 (“ ”)) >
(22) 《25》 <多重サブスロット一意特定識別子> ::: ((スロット番号 < sp >) “ - ” <行番号>) <階層化サブスロット識別子>
(23) <多重名称/数値> ::= <多重ファセット記号> “ (” 代表名称/数値 (“ , ” 非代表名称/数値)+ “) ”
(24) <多重属性> ::: <多重ファセット記号> “ (” <多重要素識別子> 代表属性名 (“ , ” <多重要素識別子> 非代表属性名)+ “) ”
(25) <代表属性名> ::= 属性名 ::= <非代表属性名>
(26) <多重振舞い> ::= <多重ファセット記号> “ (” <多重要素識別子> 代表振舞い代名詞 (“ , ” <多重要素識別子> 非代表振舞い代名詞)+ “) ”

表 5 OONJ 記述規則 (4/5) 構文規則

(注) < > ⁺ⁿ は n 個以上, < > ⁿ は n 個 (n=1 は省略), < > * は 0 個以上 [] は 0 or 1. 各要素表記内部に括弧付きで特化条件を書くことが出来るものとする.

(注)「記述」とは本論文では, (1) 複数の NJ 単位文の集まり, という場合と, (2) 記述の総称, という二通りに使っている. 要注意.

(1) < NJ 記述 > ::= (< NJ 単位文 > [< 構造化接続詞 >]) ⁺ < NJ 単位文 > (注) 構造化接続詞が無い場合は接続と見なす.
(2) < NJ 単位文 > ::= < fn1.x DMU 記述 NJ 単位文 > < fn2.x 属性記述 NJ 単位文 > < fn3.x 振舞い記述 NJ 単位文 > < fn4.x 相互関係記述 NJ 単位文 > < fn5.x 対象世界状況記述 NJ 単位文 > < 式やその組 > < 単語やその組 >
(3) < fn1.x DMU 記述 NJ 単位文 > ::= DMU 名 DMU 記述 NJ 単位文
(4) < fn2.x 属性記述 NJ 単位文 > ::= < fn2.x 付置属性記述 NJ 単位文 > < fn2.x 単独属性記述 NJ 単位文 >
(5) < fn2.x 付置属性記述 NJ 単位文 > ::= < fn2.1 振舞い参照属性記述 NJ 単位文 > < fn2.5 mp 付置属性記述 NJ 単位文 > < fn2.2 汎化/特化属性記述 NJ 単位文 > < fn2.3 集約/被集約属性記述 NJ 単位文 > < fn2.4 一般相互関連属性記述 NJ 単位文 > < fn2.7 観測属性記述 NJ 単位文 > < fn2.8 共有/専有属性記述 NJ 単位文 > < fn2.9 複合 (抽象) 構造化属性記述 NJ 単位文 >
(6) < fn2.x 単独属性記述 NJ 単位文 > ::= fn2.4 一般相互関連属性記述 NJ 単位文 fn2.6 制約属性記述 NJ 単位文
(7) < fn2.1 振舞い参照属性記述 NJ 単位文 > ::= NJ 単位文
(8) < fn2.5 mp 付置属性記述 NJ 単位文 > ::= NJ 単位文 (注)mp 付置属性には, fn1.xDMU 名を始めとしてほとんど全ての要素が付置されて送られる可能性がある.
(9)NJ 記述の構文規則の部分と構造記述規則の部分との「対応関係」がある場合, 例えば NJ 主記述とそれに対応する付置属性記述や相互関係記述が一意特定されている場合など. 意味規則で決めるか, 個々に定義しても良い.
(16) < fn3.x 振舞い記述 NJ 単位文 > ::= < fn3.1 内部振舞い記述 NJ 単位文 > < fn3.2 mp 記述 NJ 単位文 > < fn3.3 相互作用記述 NJ 単位文 > < fn3.x 総称記述 NJ 単位文 >
(17) < fn3.1 内部振舞い記述 NJ 単位文 > ::= < 第 1 文型内部振舞い記述 NJ 単位文 > < 第 2 文型内部振舞い記述 NJ 単位文 > < 第 5 文型変換第 2 文型内部振舞い記述 NJ 単位文 >
(18) < 第 1 文型内部振舞い記述 NJ 単位文 > ::= 本単位文が属するフレーム名 (“ は ” が ”) < 振舞い記述詞 >
(19) < 第 2 文型内部振舞い記述 NJ 単位文 > ::= 本単位文が属するフレーム名 (“ は ” が ”) < 振舞い記述詞 >
(20) < 第 5 文型変換第 2 文型内部振舞い記述 NJ 単位文 > ::= 本単位文が属するフレーム名 (“ は ” が ”) < 振舞い記述詞 >
(21) < fn3.2 mp 記述 NJ 単位文 (第 3, 4, 5 文型: S+O1(+O2)+V) > ::= 本単位文が属するフレーム名 (“ は ” が ”) 直接目的語 O1 “ を ”[(DMU 名 O1 の現所在の位置 現時点) “ から ”][間接目的語 O2 ((“ に ”) (“ へ ”))] < 振舞い記述詞 > (“。 ” . ”)
(22) < 振舞い記述詞 > ::= [副詞 副詞句 副詞節] 動詞 動詞句 動詞節 [する] (注) 組合せは意味規則で定めた.
(23) < 式, 数値, NJ 単語 の組 > ::= “ (“ (式, 数値, NJ 単語 [< 構造化接続詞 >]) ⁺ 式, 数値, NJ 単語 “) ” (注) 構造化接続詞のコンマ (,) で区切られた単語 (属性名など) は単位文相当と見なす. 構造化接続詞が無い場合は接続と見なす.
(24) < 式 > ::= 算術式 (数式) 論理式 関係式 文字式 記号定義式 代入式
(25) < 上添え字, 下添え字 > (注)default では, l は離散時間番号, i, j, k は x, y, z 各軸方向離散空間番号である. ::= 上 (または, かつ) 下添え字 [1][“ , ”][i][“ , ”][j][“ , ”][k]… < DU 定義の適切な順序指定/特定詞 >

表 6 OONJ 記述規則 (5/5) 複合文様式構造化記述規則 (1/2)

(1) 《18》 <複合文様式構造化記述> < fn09 複合文階層記述> ::= <複合文様式スロット内部記述> ::= <複合文様式スロット総称文> < lf > <各複合文様式個々に特有なサブスロット記述定義>
(2) 《19》 <複合文様式スロット総称文> ::= スロット番号 < sp > <複合文様式ファセット記号> < sp > [(" (" 複合文様式スロット総称名 ") ") (" (" <複合文様式名> ") ")] < sp > 複合文様式総称 (代表)NJ 文 [< rt > <相互関係>]
(3) <複合文様式名> ::= " 接続 " 反復 " 分岐 " 分散 " 並列 " 共有 " 総称 "(注 3) " 相互作用 " 注釈 " " 引用 " 説明 " 変身 " 初期化 " シナリオ " 時間定義 " 空間定義 " その他
(4) <複合文様式構造化接続詞> ::= <複文接続詞> <重文接続詞> <修飾複合文接続詞> <数式複合文接続詞> <アルゴリズム複合文接続詞>
(5) 《21》 <複合文様式ファセット記号> ::= " pfn " 複合文様式ファセット番号 表??参照 [" / " <文型番号>]
pfn5.y <基本構造複合文>
(6) 《18》 pfn5.1 <接続複合文構造> ::= <複合文様式スロット総称文> (< lf > <サブスロット形式記号> [<連接接続詞> < sp >] 接続 NJ 単位文 [< rt > <相互関係>]) ⁺²
(7) <連接接続詞> ::= " そして " " かつ " " 更には " " しかも " " 及び " " しかし " 箇条書き半順序詞 その他
(8) 《18》 pfn5.2 <反復複合文構造> ::= <複合文様式スロット総称文> < lf > <サブスロット形式記号> (<一般反復文> < while 文>) <反復終了記号>
(9) 《23》 <一般反復文> ::= 反復の開始/継続/終了条件の記述 < "一般反復文様式"反復構造>
(10) < "一般反復文様式"反復構造> ::= (< lf > <サブスロット形式記号> 反復の各振舞い NJ 単位文 ⁺ [< rt > <相互関係>]) ⁺ [< lf > (<サブスロット記述> <複合文様式構造化記述>)]
(11) 《23》 < while 文> ::= " while " < sp > 反復条件判定 NJ 文 < lf > < " while 文様式"反復構造> ⁺
(12) < " while 文様式"反復構造> ::= <サブスロット形式記号> <特定条件下振舞い文> [< lf > (<サブスロット記述> <複合文様式構造化記述>)]
(13) <反復終了記号> ::= " 反復ここまで " " While End "
(14) 《18》 pfn5.3 <条件分岐複合文構造> ::= <複合文様式スロット総称文> < lf > <サブスロット形式記号> (< if 文> < switch 文>)
(15) 《23》 < if 文> ::= " if " < sp > 分岐判定条件文 < lf > < " if 文様式"分岐構造>
(16) < " if 文様式"分岐構造> ::= < then 振舞い文> [< lf > < else 振舞い文>]
(17) < then 振舞い文> ::= <サブスロット形式記号> " then " < sp > (<特定条件下振舞い文> < if 文>) [< lf > (<サブスロット記述> <複合文様式構造化記述>)]
(18) < else 振舞い文> ::= <サブスロット形式記号> " else " < sp > (<特定条件下振舞い文> < if 文>) [< lf > (<サブスロット記述> <複合文様式構造化記述>)]
(19) <特定条件下振舞い文> ::= (NJ 振舞い文 [< rt > <相互関係>]) <条件分岐複合文構造>
(20) 《23》 < switch 文> ::= " switch " < sp > 分岐判定条件文 < lf > < "switch 文様式"分岐構造>
(21) < " switch 文様式"分岐構造> ::= <サブスロット形式記号> " case " [< case 階層表示記号>] < sp > < case 条件文> " : " < case 振舞い文> [< lf > (<サブスロット記述> <複合文様式構造化記述>)] [< lf > < default 振舞い文>]
(22) < case 階層表示記号> ::= < case 第 j 階層番号> j=1, 2, 3 …
(23) < case 第 1 階層番号> ::= 昇順の自然数, または半順序記号列
(24) < case 第 k 階層番号> ::= < case 第 (k-1) 階層番号> " . " 昇順の自然数, または半順序記号列 k=2, 3, 4 …
(25) < case 振舞い文> ::= <サブスロット形式記号> <特定条件下振舞い文>
(26) < default 振舞い文> ::= <サブスロット形式記号> (" default : " " others : ") <特定条件下振舞い文> [< lf > (<サブスロット記述> <複合文様式構造化記述>)]
(27) < case 条件文> ::= 数値 真偽 NJ 文

表 7 OONJ 記述規則 (5/5) 複合文様式構造化記述規則 (2/2)

(1) 《18》 pfn5.4 <分散/並列複合文構造> ::= <複合文様式スロット総称文> (< lf > <サブスロット形式記号> [<時間/空間設定記述>] 分散/並列記述 NJ 単位文 [< rt > <相互関係>]) ⁺²
pfn2.y <相互作用複合文> (2) pfn2.y <相互作用複合文構造> ::= <複合文様式スロット総称文> < lf > < sp > < sp > < sp > 相互作用 NJ 主記述 [< rt > <相互関係>] (< lf > <サブスロット形式記号> (内部振舞い記述 (mp 単位文 < rt > <相互関係>))) ⁺
pfn3.y <変換複合文> (3) pfn3.1 <複文変換複合文構造> ::= <複合文様式スロット総称文> (< lf > <サブスロット形式記号> [<複文接続詞> < sp >] (内部振舞い記述 (mp 単位文 < rt > <相互関係>))) ⁺ (4) <複文接続詞> ::= “そして” “かつ” “更には” “しかも” “及び” “その他” (5) pfn3.2 <重文変換複合文構造> ::= <複合文様式スロット総称文> (< lf > <サブスロット形式記号> [<重文接続詞> < sp >] (内部振舞い記述 (mp 単位文 < rt > <相互関係>))) ⁺ (6) <重文接続詞> ::= “そして” “かつ” “更には” “しかも” “及び” “その他”
pfn4.y <修飾複合文> (7) pfn4.1 <主語節 (関係代名詞) 複合文構造> ::= <複合文様式スロット総称文> (< lf > <サブスロット形式記号> 主語節主記述単位文 [< rt > <相互関係>] (< lf > <サブスロット形式記号> [<修飾複合文接続詞>] < sp > 主語節修飾単位文 * (mp 単位文 < rt > <相互関係>)) ⁺ (8) <修飾複合文接続詞> ::=: (9) pfn4.2 <形容詞節 (関係形容詞) 複合文構造> ::= <複合文様式スロット総称文> (< lf > <サブスロット形式記号> 形容詞節主記述単位文 [< rt > <相互関係>] (< lf > <サブスロット形式記号> [<修飾複合文接続詞> < sp >] (形容詞節修飾単位文 (mp 単位文 < rt > <相互関係>))) ⁺ (10) pfn4.3 <副詞節 (関係副詞) 複合文構造> ::= <複合文様式スロット総称文> (< lf > <サブスロット形式記号> 副詞節主記述単位文 [< rt > <相互関係>] (< lf > <サブスロット形式記号> [<修飾複合文接続詞> < sp >] (副詞節修飾単位文 (mp 単位文 < rt > <相互関係>))) ⁺
pfn15.y <特殊複合文> (11) pfn15.1 <数式複合文構造> ::= <複合文様式スロット総称文> (< lf > <サブスロット形式記号> [<数式複合文接続詞> < sp >] (数式記述 数式補助記述 数式部分定義記述 数式制約記述)) ⁺ (12) <数式複合文接続詞> ::= “ (“ (“何故ならば” “ ” 故に “ ” “ ”以上 (上記) の理由により “ ” “ただし” “ ” “よって “ ” “すると “ ” “そこで “ ” “だから “ ” “その他 “ ”) “) ” (13) pfn15.2 <アルゴリズム記述複合文構造> ::= <複合文様式スロット総称文> (< lf > <サブスロット形式記号> [<アルゴリズム複合文接続詞> < sp >] (アルゴリズム記述 アルゴリズム補助記述 アルゴリズム部分定義記述 アルゴリズム制約記述)) ⁺ (14) <アルゴリズム複合文接続詞> ::= “ (“ (“何故ならば” “ ” 故に “ ” “ ”以上 (上記) の理由により “ ” “ただし” “ ” “よって “ ” “すると “ ” “そこで “ ” “だから “ ” “その他 “ ”) “) ”
pfn16.y <境界記述複合文> : (15) pfn16.1 <初期条件複合文構造> ::= <複合文様式スロット総称文> (< lf > <サブスロット形式記号> 離散時間初期定義 (< lf > <サブスロット形式記号> 状況記述文) [*]) (< lf > <サブスロット形式記号> (初期条件記述 (初期条件補助記述 初期条件部分定義 初期条件制約記述))) ⁺ (16) pfn16.2 <境界条件記述複合文構造> ::= <複合文様式スロット総称文> (< lf > <サブスロット形式記号> 離散空間境界定義文 < lf > <サブスロット形式記号> 離散時間定義文 (< lf > <サブスロット形式記号> 状況記述文) [*]) (< lf > <サブスロット形式記号> (境界条件記述 境界条件補助記述 境界条件部分定義記述 境界条件制約記述)) ⁺

10 fn1.1 雲 汎化 (10:海上空雲,11:川上空雲,12:大地上空雲)	
1	fn2.8 水蒸気量 Ms, 雲量 Mc, 気温 T, 飽和水蒸気量 a, 状態 St, 降雨/降雪基準量 B
2	fn3.3 水を受ける
-1	fn3.2 下層から水を受け取る mp (2:海 [4-3], 3:川 [4-3], 4:大地 [4-3], 9:雲 [5-3])
-2	fn2.5 水蒸気量 s, 雲量 c
-3	fn3.1 水蒸気量と雲量が増える
-4	fn2.1 $M_{s_{j+1}} = M_{s_j} + s, M_{c_{j+1}} = M_{c_j} + c$
-5	fn3.1 雲発生を判断する [3]
3	fn3.1 雲発生を判断する
-1	fn3.1 気温を算出する
-2	vfn3.1 $T = \text{下層の気温 } T_z - 0.333$
-3	fn3.1 飽和水蒸気圧を算出する
-4	vfn3.1 $E = 10^{(7.5 * T / (T + 0.824))} \dots (10.3.4)$
-5	fn3.1 飽和水蒸気量を算出する
-6	vfn3.1 $a = 12.536 * E / (T + 0.948) \dots (10.3.6)$
-7	fn3.1 (分岐) 水蒸気量が飽和水蒸気量を超える
-8	fn3.1 (Yes) 超過分を雲量に加える
-9	fn3.1 (分岐) 雲量が 0 より大きい
-10	fn3.1 (Yes)(分岐) 気温が氷点下である
-11	fn3.1 (Yes) 状態を"雪雲"にする
-12	fn3.1 (No) 状態を"雨雲"にする
-13	fn3.1 (No) 状態を"水蒸気"にする
-14	fn3.1 降雨/降雪を判断する [4]
4	fn3.3 降雨/降雪を判断する
-1	fn3.1 (分岐) 雲量が降雨/降雪基準量より大きい
-2	fn3.1 (Yes)(分岐) 状態が"雨雲"である
-3	fn3.2 (Yes) 雨が表面に降る mp (2:海 [8], 3:川 [9-1], 4:大地 [8-1])
-4	fn2.5 雲量
-5	fn3.1 雲量を 0 にする
-6	fn3.1 状態を"水蒸気"になる
-7	fn3.1 (No)(分岐) 状態が"雪雲"である
-8	fn3.2 (Yes) 雪が表面に降る mp (2:海 [8], 3:川 [9-1], 4:大地 [8-1])
-9	fn2.5 雲量
-10	fn3.1 雲量を 0 にする
-11	fn3.1 状態が"水蒸気"になる
-12	fn3.1 移動する [5]
5	fn3.2 移動する
-1	fn3.1 (分岐) 状態が"雪雲"である
-2	fn3.2 (No) 上昇する mp 10:雲 [2-1]
-3	fn2.5 水蒸気量, 雲量
-4	vfn2.5 $M_s * 1/3, M_c * 1/6$
-5	fn3.1 水が減る
-6	vfn3.1 $M_{s_{j+1}} = M_{s_j} * 2/3, M_{c_{j+1}} = M_{c_j} * 5/6$
-7	fn3.2 同高度の大気に移動する mp (11:川上空雲 [6-1], 12:大地上空雲 [6-1])
-8	fn2.5 水蒸気量, 雲量
-9	vfn2.5 $M_s * 1/10, M_c * 1/20$
-10	fn3.1 水が減る
-11	vfn3.1 $M_{s_{j+1}} = M_{s_j} * 4/5, M_{c_{j+1}} = M_{c_j} * 9/10$
6	fn3.1 拡大する
-1	fn3.2 移動してきた雲を受け取る mp 10:海上空雲 [5-8]
-2	fn2.5 水蒸気量 s, 雲量 c
-3	fn3.1 拡大する
-4	vfn3.1 $M_{s_{j+1}} = M_{s_j} + s, M_{c_{j+1}} = M_{c_j} + c$

図 1 OONJ 記述例：水の気象循環現象 (1)

11 fn1.1 海上空雲 汎化 10:雲	
1	fn2.8 水蒸気量 Ms, 雲量 Mc, 気温 T, 飽和水蒸気量 a, 状態 St, 降雨/降雪基準量 B
2	fn3.3 水を受ける 引用 10:雲 [2]
-1	fn4.1 [2-1]: mp (2:海 [4-3], 10:海上空雲 [5-3])
3	fn3.1 雲発生を判断する 引用 10:雲 [3]
4	fn3.3 降雨/降雪を判断する 引用 10:雲 [4]
-1	fn4.1 [4-3]: mp 2:海 [8]
-2	fn4.1 [4-8]: mp 2:海 [8]
5	fn3.2 移動する 引用 10:雲 [5]
-1	fn4.1 [5-2]: mp 10:海上空雲 [2-1]
14 fn1.1 海上空雲 (高度 1) 汎化 11:海上空雲	
1	fn2.8 水蒸気量 Ms, 雲量 Mc, 気温 T, 飽和水蒸気量 a, 状態 St, 降雨/降雪基準量 B
2	fn3.3 水を受ける
-1	fn3.2 海から水を受け取る mp 2:海 [4-3]
-2	fn2.5 水蒸気量 s
-3	fn3.1 水蒸気量が増える
-4	fn2.1 $M_{s_{j+1}} = M_{s_j} + s$
-5	fn3.1 雲発生を判断する [3]
3	fn3.1 雲発生を判断する 引用 10:雲 [3]
-1	vfn3.1 [3-2]: T=海上空大気 (高度 0) の気温 $T_z - 0.333$
4	fn3.3 降雨/降雪を判断する 引用 10:雲 [4]
-1	fn4.1 [4-3]: mp 2:海 [8]
-2	fn4.1 [4-8]: mp 2:海 [8]
5	fn3.2 移動する 引用 10:雲 [5]
-1	fn4.1 [5-2]: mp 14:海上空雲 (高度 2) [2-1]
-2	fn4.1 [5-7]: mp (19:川上空雲 (高度 1) [6-1], 23:大地上空雲 (高度 1) [6-1])
15 fn1.5 初期状況記述 1	
1	fn5.3.1 海の構成を設定する
-1	fn3.1 表面温度を設定する
-2	vfn3.1 $T_s = 1.2$
-3	fn3.1 保有熱量を設定する
-4	vfn3.1 $Q = 0$
2	fn5.3.1 川の構成を設定する
-1	fn3.1 表面温度を設定する
-2	vfn3.1 $T_s = 1.2$
-3	fn3.1 質量を設定する
-4	vfn3.1 $M = 20$
-5	fn3.1 保有熱量を設定する
-6	vfn3.1 $Q = 0$
-7	fn3.1 流入量を設定する
-8	vfn3.1 流入量 $F_i = 1$
-9	fn3.1 流出量を設定する
-10	vfn3.1 流出量 $F_o = 1$
3	fn5.3.1 大地の構成を設定する
-1	fn3.1 表面温度を設定する
-2	vfn3.1 表面温度 $T_s = 1.067$
-3	fn3.1 水質量を設定する
-4	vfn3.1 水質量 $M = 20$
-5	fn3.1 保有熱量を設定する
-6	vfn3.1 $Q = 0$
-7	fn3.1 流出量を設定する
-8	vfn3.1 流出量 $F_o = 1$

図 2 OONJ 記述例：水の気象循環現象 (2)