

セミオティックベースを使った日常言語アプリケーションシステム

Everyday Language Application Systems with the Semiotic Base

杉本徹^{*1} 岩爪道昭^{*1} 小林一郎^{*1*2} 伊藤紀子^{*1} 高橋祐介^{*1} 岩下志乃^{*1} 菅野道夫^{*1}
Toru Sugimoto Michiaki Iwazume Ichiro Kobayashi Noriko Ito Yusuke Takahashi Shino Iwashita Michio Sugeno

^{*1} 理化学研究所 脳科学総合研究センター Brain Science Institute, RIKEN
^{*2} お茶の水女子大学 理学部 Faculty of Science, Ochanomizu University

As a core component of Everyday Language Computing systems, we developed the Semiotic Base, which is a linguistic resource that deals with the relationship between context, meaning and wording. We implemented algorithms for text understanding and generation with the Semiotic Base, and constructed intelligent application systems with which users can operate a word processor and write computer programs through everyday language.

1. はじめに

我々は、日常的な言語を使ってさまざまな情報処理を行う**日常言語コンピューティング**(Everyday Language Computing)と呼ばれる新しいパラダイムを提案し、その実現を目指して研究を進めている [岩爪 03a]。日常言語コンピューティングシステムは、ユーザとシステムのインタフェースの役割を果たす**クライアント秘書**や、言葉でアプリケーションソフトを操作可能な**言語アプリケーション**、それらの橋渡しとなる**言語プロトコル**などから構成されるが、特に重要な構成要素として、言語の意味の理解および生成に用いられる**セミオティックベース**(Semiotic Base)と呼ばれる言語資源がある。セミオティックベースは、選択体系機能言語学(SFL: Systemic Functional Linguistics) [Halliday 94] で提唱されている言語モデルに基づいて設計された、言語に関する知識のデータベースであり、言語を文字や語彙のレベルから状況のレベルまで包括的に扱うことを可能としている。

今回、我々はセミオティックベースのプロトタイプと、それを使ったテキスト理解・生成アルゴリズムの設計・実装を行い、さらにその応用として、日常言語によって操作を行うことができる知的アプリケーションシステムを実現した。本論文では、これらのシステムの構成と処理の内容について説明を行い、残された課題について述べる。

2. 日常言語コンピューティング

日常言語コンピューティングは、コンピュータの専門知識を持たない人でも日常的な言葉を使ってコンピュータを利用できるようにすることを主な目的としたパラダイムである。これにより、情報技術を使いこなせる人とそうでない人の格差、いわゆるデジタルデバインドが解消されることが期待される。同様のプロジェクトは国内外に存在するが(例えば、MIT の Oxygen プロジェクト [Oxygen])、それらと異なる日常言語コンピューティングの大きな特徴は、言語の意味を扱う方法論と、ユーザインタフェースだけでなくコンピュータ内部のあらゆる処理の言語化を目指す考え方にある。

日常言語コンピューティングシステムの構成の概要を図1に示す。ユーザは日常言語を使ってクライアント秘書エージェントと会話する。クライアント秘書は、ユーザの指示や希望を日常言語の形式に基づく通信プロトコルである言語プロトコルの形でア

プリケーションソフトに送信し、それを受け取った言語アプリケーションは、指示の意味を理解して処理を実行する。これら一連の流れを実現する枠組を我々は**言語オペレーティングシステム**(LOS: Language-based Operating System)と呼んでいる。

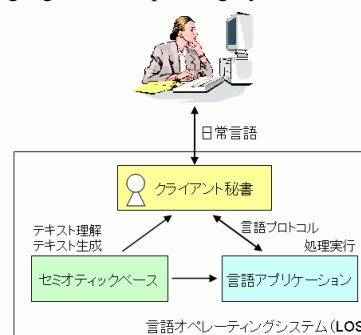


図1: 日常言語コンピューティングの概要

日常言語コンピューティングの基本となる原理として、次のような点があげられる。

(1) セミオティックベースによるテキスト理解と生成

LOS における言語の意味の理解と生成の処理はすべて、SFL の言語モデルに基づいて設計されたセミオティックベースと呼ばれる言語資源を利用して行われる。

(2) 言語知識・コーパスの利用

LOS 内部の知識、手続き、機能、動作などを言語で記述しておく。また、ヘルプファイルやマニュアルなど既存の「言葉で書かれた知識」の意味を理解し、処理に活用する。

(3) 意味のマッチング

言語プロトコルの内容をアプリケーション操作に結びつける際に、単なるキーワードのマッチングではなく、SFL の状況、意味、語彙文法的特徴を考慮に入れたマッチングを行う。

今回、我々は特に (1) と (3) に焦点を当てて試作システムの実装を行った。次節以降でその概要を説明する。

3. セミオティックベース

セミオティックベースの構成と内容の概要を表1に示す。セミオティックベースは4つの主要コンポーネント(コンテキストベース、意味ベース、語彙文法ベース、表現ベース)と2つの補助コンポーネント(電子化辞書、コーパスベース)からなる。セミオティックベースの詳細については [伊藤 03] を参照されたい。

連絡先: 杉本徹, 理化学研究所 脳科学総合研究センター
言語知能システム研究チーム, 〒351-0198 和光市広沢
2-1, TEL:048-462-1111(ext.7405), FAX:048-467-6450,
sugimoto@brain.riken.go.jp

表1:セミオティックベースの概要

		汎用	状況依存	観念構成的機能	対人的機能	テキスト形成的機能
コンテキストベース	状況ベース	汎用		状況タイプ		
	ステージベース	状況依存		活動領域	役割関係	伝達様式
	概念辞書	状況依存		ジャンル構造, ステージ, ムーブ		
意味ベース		汎用		現象, 要素, 現象間 接続など	発話機能など	修辞構造など
語彙文法ベース		汎用		過程構成, 位相など	ムード, モダリティ, テンスなど	主題, 接続関係など
表現ベース		汎用		字種, 句読法など		
電子化辞書	汎用辞書	汎用		汎用単語辞書, 共起辞書, 動詞辞書, 概念辞書		
	状況特化辞書	状況依存		状況特化単語辞書		
コーパスベース		状況依存		タグ付き対話事例, 対話履歴		

3.1 主要コンポーネント

SFL は、言語体系を分類するための観点をいくつか提供している。その1つが分層化 (stratification) であり、言語とそれを取り巻く状況をコンテキスト層、意味層、語彙文法層、表現 (音韻) 層の4層に分けて捉える。これに対応して、セミオティックベースは、**コンテキストベース (Context Base)**、**意味ベース (Meaning Base)**、**語彙文法ベース (Wording Base)**、および**表現ベース (Expression Base)**の4つを主要コンポーネントとして持つ。SFL が提供する2つめの分類の観点はメタ機能 (metafunction) である。テキストを作り出す言語の機能として、観念構成的 (ideational) 機能、対人的 (interpersonal) 機能、およびテキスト形成的 (textual) 機能の3種類を考えている。

セミオティックベースは、このような SFL の言語モデルに基づくことにより、言語に関する広範な知識を統一的な枠組の中で記述することを目指している。例えば、語彙文法ベースの内容は従来の統語論で扱われていた内容に対応し、意味ベースの中の観念構成的機能、対人的機能、テキスト形成的機能に関連する部分は、それぞれ従来の意味論、発話行為論、修辞論で扱われていた内容にほぼ対応する。

SFL に特有のもう1つの指針は、状況や言語の特徴と、特徴を選択していくことによって特定の構造を形成したり、ある特徴を選択したりする際に考慮すべきさまざまな条件を選択体系網 (system network) と具現規則 (realization statement) という一定の形式で記述することである。図2は語彙文法ベース内の選択体系網と関連する具現規則の例である。

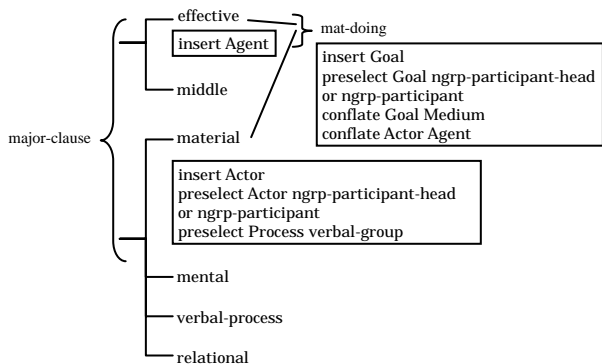


図2: 選択体系網と具現規則の例

コンテキストベースは、言葉がやり取りされる状況の特徴を記述するための選択体系網からなる状況ベース (Situation Base) と、対話のやり取りのパターンを納めたステージベース (Stage Base) と、そして状況依存の概念をフレーム形式で定義した概念辞書 (Concept Repository) の3つの部分から構成される。

3.2 補助コンポーネント

電子化辞書としては状況に依存しない内容を持つ汎用辞書と状況に特化した内容を持つ状況特化辞書の2種類が用意されている。現在の汎用辞書の内容は EDR 電子化辞書 [EDR 01] に基づいており、これに SFL との対応を取るための情報として各単語が持つ意味・語彙文法特徴とそれが担うルールに関する情報を付加して利用している。また、状況特化辞書の各見出し項目には、汎用辞書と同様の内容に加えてそれが使われる状況に関する情報が含まれる。実際の処理では、汎用辞書は主に、処理すべきテキストの状況が分かっていない、または該当する状況タイプが見つからなかった場合に利用され、状況特化辞書は状況が判明している時に利用されるという具合に使い分けがなされる。

コーパスベースには、テキストに対してセミオティックベースの資源を参照してタグ付けを行った結果が格納されている。

4. テキスト処理アルゴリズム

セミオティックベースを使った処理には、与えられた文のインスタンス構造、すなわち文法的な構造と意味・語彙文法など SFL 各層に属す特徴、および概念的な構造の表現を抽出するテキスト理解処理と、逆に概念的な構造と文法的特徴から文の表層表現を作り出すテキスト生成処理がある [伊藤 03]。

4.1 テキスト理解

SFL はテキスト生成システムの基礎として広く使われているのに対し [Matthiessen 91, Fawcett 93]、SFL に基づくテキスト理解システム開発の試みは少ない。SFL の枠組を部分的に利用した理解システムや [Winograd 72, O'Donoghue 94]、SFL の記述を HPSG など他の文法記述体系に変換するアプローチ [Kasper 88, Bateman 92] が存在するものの、それらのシステムにおいて SFL の理論的特長が十分に生かされているとは言えないのが現状である。例外的に WAG システムパーザ [O'Donnell 94] は、SFL の言語モデルに基づいて記述された言語資源を直接使うテキスト解析を追求しており、処理効率の問題に対処するた

めに、部分構造 (partial-structure) と呼ばれるデータ構造とボトムアップ・チャート解析を用いる方法を提案している。

我々は、O'Donnell のアイデアに基づきそれを発展させることにより、以下に示すようなセmiotickベースを使った包括的なテキスト理解アルゴリズムを考案し、その実装を行った。

(1) 前処理

与えられた文の形態素・係り受け解析および汎用辞書の検索を行い、単語の意味、語彙文法的特徴や文のロール構造に関する情報、EDR 概念識別子などを抽出する。

(2) 表現解析

表現ベースを参照して、与えられた文の表現層のインスタンス構造、すなわち文字や句読法のレベルの構造を求める。

(3) 語彙文法解析

前処理の結果と語彙文法ベースを使って、語彙文法層のインスタンス構造、すなわち文の文法的な構造と特徴を表す構造を構築する。

(4) 意味解析

前処理、語彙文法解析の結果と意味ベースを使って、意味層のインスタンス構造、すなわち文の意味的構造と特徴を表す構造を構築する。

(5) 概念解析

前処理、語彙文法解析、意味解析の結果とコンテキスト内の概念辞書を使って、与えられた文の概念内容を表現するインスタンス概念フレームを生成する。

我々は [O'Donnell 94] で述べられた語彙文法・意味解析手法を拡張して、ボトムアップ・チャート解析の途中で、前処理で得られた単語の情報を取り込んだり、構築中のインスタンス構造が係り受け解析の結果と矛盾していないかチェックを行ったりするようにした。また、特徴の推論に関しては通常の後向き推論 (特徴選択パスの同定) に加えて前向き推論 (デフォルト特徴の選択など) も行う。

4.2 テキスト生成

テキスト生成の処理は、セmiotickベースを利用して次のような手順で行われる。

(1) 概念情報の決定

コンテキストベース内のステージベースに格納された対話の状態遷移に関する情報を参照して、これから生成するテキストの概念内容を表すインスタンス概念フレームを生成する。

(2) 統語構造の決定

ステージベースに記述された生成テキストの言語特徴を基に、意味ベース、語彙文法ベースを参照して意味層と語彙文法層のインスタンス構造を生成する。

(3) 語彙項目の決定

語彙文法層の各ユニットに対応する語彙項目を、概念名をキーとして電子化辞書の検索を行うことにより決定し、それを順に結合することによって文の表層表現を生成する。

5. 言語アプリケーション

言語アプリケーションは、LOS のアプリケーション層で各種のサービスを提供するエージェントソフトウェアであり、既存のアプリケーションを言語で操作・管理するためのインタフェースである

LAPI (Language-based Application Programming Interface) を持つ。LAPI は、言語プロトコルによるクライアント秘書や他のエージェントからのメッセージを受信・理解するための外部インタフェース、日常言語で表現された内容を実行可能な形式に展開するプランニングモジュール、展開された自然言語表現 (LAPI が持つ標準的な言語表現) の系列を対象アプリケーションの実装レベルのコマンドに変換する内部インタフェースによって構成される。LAPI の構成を図3に示す。

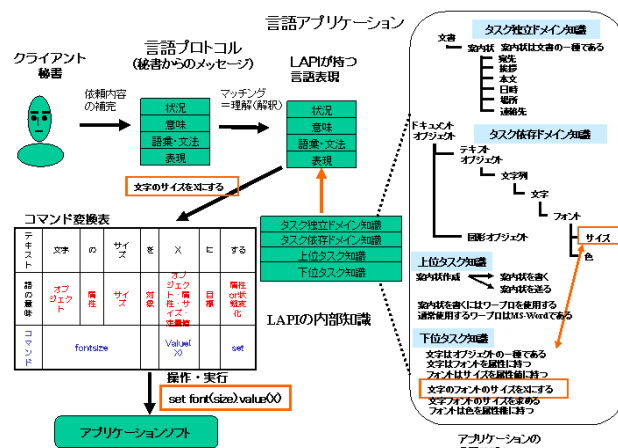


図3: 言語アプリケーションの概要

5.1 知的ワープロシステム

我々は、言語アプリケーションの具体例として知的ワープロシステムを取り上げ、現在開発を行っている。これは、文書作成に関するさまざまな知識を利用してユーザの文書作成作業を支援するシステムであり、ユーザは作成する文書についての希望や要求を日常的な言葉で与えることによって容易に文書作成を行うことができる。ユーザと知的ワープロシステムの対話例を表2に示す。

表2: 知的ワープロシステムの対話例

1	秘書	こんにちは。秘書の Pinoko です。何をしましょうか？
2	ユーザ	クリスマス会の招待状を作成したい。
3	秘書	招待状のテンプレートを開きます。
4	LAPI	<招待状テンプレート>を開く。
5	秘書	開きました。
6	秘書	招待状のタイトルはどうされますか？
7	ユーザ	タイトルは「クリスマス会のお誘い」で。
8	LAPI	<招待状>の<タイトル>を<「クリスマス会のお誘い」>に設定する。
9	秘書	タイトルを入力しました。
10	ユーザ	文字をもう少し強調したい。
11	LAPI	<招待状>の<タイトル>の<フォント>の<サイズ>を<大きい>に設定する。
12	LAPI	<招待状>の<タイトル>の<フォント>の<ボールド>を<太い>に設定する。

表中の「LAPI」と書かれた行は、システム内部で生成された LAPI の標準的な言語形式に基づく表現を示している。ユーザの入力はセmiotickベースを使ったテキスト理解アルゴリズムにより解析され、その解析結果と知的ワープロシステム内にあらかじめ用意された文書作成に関連する標準的な言語表現 (ワープロアプリケーションの言語モデル) の間でマッチングが行われ

る。この際のマッチングは、単なるキーワードのマッチングではなく、SFL の4層の構造を考慮に入れたマッチング(意味マッチング)である。マッチングが成功すると対応するワープロの操作が実行され、テキスト生成アルゴリズムによりユーザへの応答が生成・出力される。対話例の 10 行目では、文字を強調したいというユーザの要求に対し、文字を大きくして太字にするという2つの操作からなるプランを作り、11, 12 行目のような LAPI 標準形を介してそれらの操作を実行している。意味マッチングの詳細については [岩爪 03b] を参照されたい。

5.2 日常言語プログラミングシステム

ユーザによるコンピュータへの指示は、単一の内容の指示とは限らず、複数の種類の操作から構成される複合的な指示や、制約条件を伴った複雑な内容を持つ指示である場合もあり得る。日常言語プログラミングシステムの目的は、ユーザがこのような複雑な要求を明確化することを支援しつつ受理し、実行可能なコンピュータプログラムの形に変換することである。

自然言語で記述された要求仕様からのプログラム自動生成に関しては、これまでに事務計算などを題材として多くの研究が行われている [原田 86]。また、初心者ユーザがプログラムの仕様を説明する際に使う言葉の特徴に関する実験的研究も行われている [Pane 99]。我々は、これらの研究成果を参考にしつつ、セミオティックベースの利用によるコンテキストと対話のやり取りを重視するアプローチにより、日常言語コンピューティングの中核的機能の1つとして日常言語によるプログラミングの実現を目指している。現在、ファイル操作やメール管理を題材として試作システムの開発を行っている。

6. まとめ

日常言語コンピューティングの中核要素であるセミオティックベースとそれを使ったテキスト理解・生成アルゴリズムの実装を行った。また、言語アプリケーションの具体例として知的ワープロシステムと日常言語プログラミングシステムを開発中である。これらのシステムは Java で実装されており4層からなるテキストの解析結果は入力文に対する XML アノテーションの形で出力される。セミオティックベースは現在全部合わせて約 670 個の選択体系、約 1460 個の特徴、約 900 個の具現規則を備えている。知的ワープロシステムは COM(Component Object Model)を介して Microsoft Word を操作可能である。

今後の課題としては、まずセミオティックベースの内容をさらに充実させることがあげられる。特に、異なるタイプの状況に現れるテキストの分析を通してコンテキストベースの内容を一層拡充する必要がある。そのためにも資源構築を容易にする環境の整備を進めていきたい。知的ワープロシステムに関しては、今回取り上げた動作シナリオの範囲でセミオティックベースによる4層のテキスト理解結果を使った意味マッチングの特長が十分活かされていないため、今後さらに適切な例について検討していく必要がある。また、より多様なテキストを生成できるようにアルゴリズムを改良することも重要な課題である。

日常言語コンピューティングの基本原則の中で今回の試作システムに取り入れることができなかった内容としては、「言葉で書かれた知識」やコーパスの利用、およびユーザの特徴や好みに合わせたシステムの個人化があげられる。これらに関しては、言語アプリケーションのもう1つの具体例として、ユーザに特化した出力を行う機能を備えた知的ヘルプシステムを現在設計中の段階である [岩下 03]。

参考文献

- [Bateman 92] J. A. Bateman, M. Emele and S. Momma: The nondirectional representation of systemic functional grammars and semantics as typed feature structures, in *Proc. of COLING-92*, pp. 916-920 (1992)
- [EDR 01] 日本電子化辞書研究所: EDR 電子化辞書, 2 版 (2001)
- [Fawcett 93] R. P. Fawcett, T. H. Gordon and Y. Q. Lin: How systemic functional grammar works: the role of realization in realization, in *New Concepts in Natural Language Generation: Planning, Realization and Systems*, H. Horacek and M. Zock eds., London: Pinter, pp. 114-186 (1993)
- [Halliday 94] M. A. K. Halliday: *An Introduction to Functional Grammar*, 2nd ed., London: Edward Arnold (1994)
- [原田 86] 原田実, 篠原靖志: 部品合成によるプログラム自動生成システム ARIES/I, 情報処理学会論文誌, Vol. 27, No. 4 (1986)
- [伊藤 03] 伊藤紀子, 杉本徹, 高橋祐介, 小林一郎: セミオティックベースを使ったテキスト処理アルゴリズム, 第 17 回人工知能学会全国大会, 新潟 (2003)
- [岩下 03] 岩下志乃, 小林一郎, 伊藤紀子, 杉本徹, 菅野道夫: 日常言語によるヘルプ出力の個人化について, 第 17 回人工知能学会全国大会, 新潟 (2003)
- [岩爪 03a] 岩爪道昭, 小林一郎, 杉本徹, 岩下志乃, 高橋祐介, 伊藤紀子, 菅野道夫: 日常言語コンピューティング(第2報) - 日常言語に基づく計算機資源の管理・実行環境を目指して -, 人工知能学会論文誌, Vol. 18, No. 1, pp. 45-56 (2003)
- [岩爪 03b] 岩爪道昭, 小林一郎, 高橋祐介, 菅野道夫: 自然言語を媒介としたソフトウェア制御のための意味マッチング方式の検討, 第 17 回人工知能学会全国大会, 新潟 (2003)
- [Kasper 88] R. T. Kasper: An experimental parser for systemic grammars, in *Proc. of COLING-88*, pp. 309-312 (1988)
- [Matthiessen 91] C. M. I. M. Matthiessen and J. A. Bateman: *Text Generation and Systemic-Functional Linguistics: Experiences from English and Japanese*, London: Pinter (1991)
- [O'Donnell 94] M. O'Donnell: *Sentence Analysis and Generation: a Systemic Perspective*, Ph.D. dissertation, Sydney: University of Sydney (1994)
- [O'Donoghue 94] T. F. O'Donoghue: Semantic interpretation in a systemic functional grammar, in *Reversible Grammar in Natural Language Processing*, T. Strzalkowski ed., pp. 415-448 (1994)
- [Oxygen] <http://oxygen.lcs.mit.edu/>
- [Pane 99] J. F. Pane, C. A. Ratanamahatana and B. A. Myers: Studying the language and structure in non-programmers' solutions to programming problems, *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 54, no. 2, pp. 237-264 (2001)
- [Sugimoto 02] T. Sugimoto, N. Ito, H. Fujishiro and M. Sugeno: Dialogue management with the Semiotic Base: a systemic functional linguistic approach, in *Proc. of 1st International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS2002)*, Tsukuba, Japan (2002)
- [Winograd 72] T. Winograd: *Understanding Natural Language*, Academic Press (1972)