自然言語をコンピュータの通信 プロトコルにする研究

小林 一郎^{*1}・岩爪 道昭^{*2}・杉本 徹^{*2}・岩下 志乃^{*2}
小澤 順^{*3}・菅野 道夫^{*2}

本稿では、ヒトの言葉による知的な作業をコンピュータ上に実現する枠組みである「日常言語コンピューティング」の中心的な要素技術となる「言語プロトコル」と呼ばれるコンピュータの通信プロトコルを自然言語に替えた新しい通信プロトコルとそれを利用した新しい通信方法を提案する。提案する手法の枠組みにおいて、コミュニケーション対象を選ばない柔軟な通信が実現可能になることを示す。また、言語プロトコル通信のシミュレーション例を示し、提案する手法の有効性を示す。

キーワード：日常言語コンピューティング、言語プロトコル通信、言語的知識表現、言語アプリケーションプログラミングインタフェース

1 はじめに

ヒトと他の種をわける大きな違いの一つは、ヒトは言葉をつかい社会に存在する複雑な問題を解決する能力を備えていることであると言える。思考力、創造力、認識などのヒトがもつ知的な活動とよばれる認知活動は、ヒトが社会のなかで言語を使用することから産み出される産物である。そのため、我々がヒトのような知性をもったコンピュータを作ろうとするとき、言語をつかった情報処理を考えないわけにはいかない。現在、言葉を扱うことができる唯一のシステムはヒトの脳である。Deacon [1] によれば、ヒトの脳は言語とともに発達してきており、言葉の使用なくしては、ヒトの脳の発達もなかったと言っている。このようなことから、我々はヒトの知性における言語が果たす役割を重要視し、従来の数値に基づく情報処理から、日常言語による情報処理をおこなう「日常言語コンピューティング (Everyday Language Computing)」と呼ぶ新しいパラダイムを提案している [2]。

日常言語コンピューティングにおいて実現される機能としては、以下のものが挙げられる [3]。

- (a) 日常言語インタフェース：コンピュータの専門知識がなくても、家電感覚で誰でもコンピュータを使える日常言語インタフェースの装備。
- (b) 言語テキストの理解・生成機能：言語資源を体系化したセミオティックベース（3節にて説明）を用い、言語テキストの意味理解および生成機能の装備。
- (c) パーソナライゼーション：徹底したユーザモデリング、プロファイリングにより、ユーザの日常的な言葉や行動パターンを理解し、コンピュータとユーザ独自の言葉で対話することを可能にする。
- (d) 言語による計算機資源管理：全ての計算機資源に対して言語レベルでアクセスし、利用できるようインタフェース機能を装備する。
- (e) 自然言語をコンピュータ通信プロトコルとする：現在のコンピュータ通信プロトコルを自然言語にすることにより、すべての計算機資源のコミュニケーションの壁を取り除くことを可能にする。

本稿においては、上に挙げた日常言語コンピューティングにおいて実現される機能の内、(d)、(e)の基本的な要素技術を中心に提案し、自然言語を通信プロトコルとする新しい通信形態に基づくコンピューティングの概観を示す。

2 言語を通信プロトコルにする目的

インターネットの普及により、コンピュータはネットワークに接続されて利用されることが常識となった。

* 1 法政大学 経済学部

Faculty of Economics, Hosei University

* 2 理化学研究所 脳科学総合研究センター 言語知能研究チーム
Laboratory for Language Based Intelligence, Brain science institute, RIKEN

* 3 松下電器産業(株) 先端技術研究所 情報科学グループ 情報第4研究チーム
Advanced Technology Research Laboratories, Matsushita Electric Industrial

図1 日常言語コンピューティング概要

また、コンピュータだけではなく多くのソフトウェアや家電などの電子機器もインターネットを介在され利用される方向にある [4]。現在、これらのネットワーク通信はそれぞれの機器間において制定された通信規約（通信プロトコル）において実現されている。しかし、それぞれの通信機器ごとに通信のための規約を制定する作業にかかるコストは莫大である。

そこで、本研究では、自然言語をすべてのコミュニケーション対象物における情報伝達のための媒体（メタ言語）として機能する新しい通信規約（「言語プロトコル」と呼ぶ）の制定とその通信方法を確立する研究を行う。現存する最も柔軟な通信規約はヒトが話している自然言語であり、もしすべての通信機器（ヒトを含む）が自然言語で通信ができるようになればすべてのコミュニケーション対象物に対してシームレスなコミュニケーション環境を提供できる。（本研究ではこのことを「コミュニケーションバリアフリー」と呼んでいる。）このことはすべての通信機器における通信規約の標準化という作業をなくすことにつながる。また、コミュニケーションバリアフリーを提供するだけでなく、ヒトの知性は言語の使用に支えられていることから、もし、コンピュータが自然言語で通信を行うようになればコンピュータは情報の処理から意味を処理することが可能になり、人工知能で実現される機械知性をよりヒトの知性に近づける研究の基盤を提供できるとも考える。

コンピュータが自然言語を操りヒトの知性に近づけば、コンピュータとヒトの間の格差が縮まり、コンピュー

タをだれでもが利用できるようになる。これにより、現在、社会問題になっているデジタルデバイドのような現象を払拭することができると思う。

3 セミオティックベース

言語プロトコルによって配信されるデータは、言葉を作り出す言語体系資源となっており、本研究では、その資源をセミオティックベースと呼ぶ。セミオティックベースの基本的アイデアは、Halliday & Matthiessen [5] によって選択体系機能言語理論の言語分析の視点に基づき「意味ベース（meaning base）」として提案されたものである。

我々が構築するセミオティックベースは意味ベースのアイデアをさらに拡張し、状況、意味、語彙文法、表現の四つの情報資源となる層関係を保つベースとさらに言語の状況依存性を考慮して編纂された電子辞書、および、コーパスデータを取り入れて構成されている（図2参照）¹。

各ベースにおける資源は選択体系網（システムネットワーク）と呼ばれる基本的に AND か OR の選択分岐からなるネットワークによって体系化される。状況ベース内の構成は、活動領域（どのような言語活動が行わ

図2 セミオティックベースの概要

¹ 紙面の都合上、本稿では言語プロトコル通信手法の提案を中心に、セミオティックベース内部の構造に関する詳細は言及しない。詳細は [5, 6, 7] 参照。

[illegible]

図4 言語プロトコルの配信資源表現例

言語プロトコルの配信資は、システムに入力された言語が選択体系機能言語理論に基づいて分析された結果を、セミオティックベースの資源を用いて表現したもので構成されている。その構成はセミオティックベースの構成と同じく状況、意味、語彙文法、表現の四層から成り立っており、それぞれがテキストの意味をつくりだす資源として協調する関係を保っている。上から順に構成内容を説明すると、セミオティックベースのタグを定義する名前空間、発話言いまわし表現、発話状況、発話内の修辞構造・結束関係などのテキスト情報、発話内の一文ごとの意味、語彙・文法が編集された形となっている。

また、現在のインターネット上で利用される通信に言語プロトコル通信を利用し、言語がもつ特性を取り入れた情報通信を実現し、様々な情報が言語プロトコルに関連付けられて情報の操作を行う。言語プロトコルは、現在のインターネット上の通信プロトコルを自然言語に変えたプロトコルとして、「インターネット上での自然言語表現」とする「言語プロトコル=Language on the Net」というコンセプトに基づいて開発されている。

言語プロトコルは、既存するネットワーク資源をそのまま利用できるように TCP/IP のアプリケーションプロトコルと位置づけられ設計される (図 3 参照)²。

OS参照モデル	TCP/IP階層	TCP/IPプロトコル群
第7層(アプリケーション層)	アプリケーション層	Telnet, FTP, SMTP, POP3, rlogin, rcp, rsh, X-Window
第6層(プレゼンテーション層)		
第5層(セッション層)		
第4層(トランスポート層)	トランスポート層	TCP・UDP
第3層(ネットワーク層)	インターネット層	IP
第2層(データリンク層)	ネットワーク・ インタフェース層	ネットワーク・ インタフェース層
第1層(物理層)		

² 語プロトコルは、TCP/IPプロトコルのアプリケーションプロトコルとして独自のプロトコルとなることを目指して開発を進めているが、現時点ではエージェント通信言語と同じように TCP/IP のアプリケーションプロトコルによって配信される情報処理機能をもつデータの仕様として設計が始められている (図3)。

5 通信方法

従来の通信プロトコルは統一された規格の解釈をコミュニケーション対象物間で100%共有することにより、通信を実現してきた。しかし、我々、ヒトは発話された言葉の言いまわしと、他人と共有していると信じている状況しか情報を共有することなくコミュニケーションを達成している。このようなコミュニケーションが成立する理由は、我々がコミュニケーションのために使用しているプロトコルである自然言語が柔軟な通信規約となっているためである。柔軟な規約における通信とは何かを考えると、「規格が100%一致していなくても、それを受信側で補うことや補完することでコミュニケーションできる」ことと考える。これは、自然言語によるコミュニケーションの場合は聞き手に伝えられた情報の解釈は、発話者と聞き手の間で合意を形成しつつ、聞き手の中で行われるというコミュニケーションの形態をとっていることにより達成されている。そのために発話者の意図とは異なる解釈（つまり誤解など）もコミュニケーションの中に発生してしまうが、100%の意図伝達はできないながらもコミュニケーションが成立する、柔軟かつ頑健性の高い通信が達成されている。この自然言語による通信手段の仕組みを言語プロトコルによる通信手法の基礎と位置付け、新しい通信手法を提案する。言語プロトコルによる通信概要

を図5に示す。

言語プロトコルを利用した通信の特徴的な点は、2段に分かれた処理を通じて通信が確立されるという点である。前段（前処理）において、クライアント秘書と呼ばれる秘書エージェントが送信者側のセミオティックベースを用いてユーザ（図5中、クライアントA）の発話（入力文）を分析し、その結果を元にオリジナルの入力文と受信者が解釈をし易いように入力文を補完・換言した変換文の二つをセミオティックベースによって提供されるタグを付与した形で言語プロトコルとして生成し、コミュニケーション対象物に送信する。（この際、言語プロトコルには電子署名[8]がされており誰の発話であるかの身元が常に確認できるようになっている。）後段（後処理）において、受信者側のクライアント秘書は、受け取った言語プロトコルを受信者側のセミオティックベースに基き、受信者の用途・必要（クライアントモデル情報から取得）に応じて利用する形態に変更する。つまり、前・後段を通じて受信者が解釈し易いようなテラメイドのテキストを送信側で生成しつつ、受信側では送信者の意図を損ねることなく、クライアントモデルに基づき受信者に理解しやすい内容や表現に変換する³という処理の形態を基本的な通信方式とする。これは、前述した自然言語を通信規約にするコミュニケーションの手法を真似てつけられている。秘書エージェントはユーザ間通信の間

図5 言語プロトコルを利用した通信方法

に入れられ、コミュニケーションの補助を行うことにより、ユーザ間のコミュニケーションの幅を拡張している。また、アプリケーションソフトなどと通信を行う場合、アプリケーションソフトに言語プロトコルを理解できるエージェントラッパーを施し⁴、入力された言語プロトコルにアプリケーションを操作する言葉に結び付ける（6節にて説明）。言語プロトコルは言語という記号体系の意味の操作に基づき処理され、最終的には受信側においてその用途に合わせて言語の意味を他の記号や動作に6節にて説明されるインタフェースを利用してグラウンディングされる。

5.1 言語使用に基づく入力言語文の換言

ユーザ（クライアント）から発せられるクライアント秘書への入力文は、様々な言いまわしによって成り立っている。クライアント秘書は、その入力文をその入力文が発せられた状況における言語使用の制約に従って、典型的な自然言語文（その状況の下で一般的に使用される言語資源で構成された自然言語文）に補完・換言を行う。これにより、省略されていた情報の復元、語彙の結束関係、指示詞の特定などが行われ、コミュニケーション対象が言語プロトコルを受け取ったときの理解を容易にする。図6に、図4のユーザの発話が

補完・換言されて、文中に発話主体を示す主語「ユーザは」が補完され、述部の質問形式を「～の」から「～か」というより典型的な文に補完・換言された例を示す。

5.2 言語的知識表現

通常、人工知能技術では言語を記述することによって知識を記述するということは行っていない。言い換えると、意味ネットワークやフレームといった知識の表現と言われる記述方法が、必ず言語の統語構造と対になって記述はされているわけではない。このことは、1980年代のテキスト生成の研究において、テキストの内容を決定する部分 (what-to-say 決定部) とテキストの統語構造を決定する部分 (how-to-say 決定部) の二つの部分をもったアーキテクチャが一般に採用されていた ([9, 10]) ことから知識表現は言語表現とは区別して取り扱われていたと言える。Halliday [11] は、論証と推論は、完全に言語を媒介にしておこなわれているにもかかわらず、現在の情報処理ではそれらは非言語的な操作として取り扱われていると指摘している。また、通常 of 自然言語処理システムは、言語の表記である‘文法’と、知識を表記する個別の‘知識ベース’とで動作しているということをも指摘し、それらを2つの表記のレベルをもつ1つの体系である‘言語’として捉える重要性を提唱している。これに基づき、本研究においては、意味ネットワークやフレームといった従来の人工知能技術による知識表現を意味の中に取り入れ、状況、意味、語彙・文法と言ひ回しの表現を持ったまとまりを‘言語的知識表現’として新たに提案する。言語的知識表現は、言語プロトコルと同じ表現形式をとり、ある特定の状況において使用される意味、語彙・文法、言ひ回しの表現の資源により構成され、その状況において使用される言葉が表されている。それゆえに、コンピュータ上での自然言語表現である言語プロトコルをそのまま知識として利用する。これにより、言語プロトコルによって交わされた情報が言語コーパスとしてセミオティックベースの中に状況に関連づけて蓄積され、そこで使用された言語資源の使い方として学習される。言語コーパスはそのまま再利用可能な知識源になり、いままで知識として認められていなかった日常の会話の中に存在する有益な口コミ情報などのような体系化されていない知識も利用できるようにする。言語的知識表現の一例を図7に示す。言語的知識表現内において、文法カテゴリーによって表現される意味は、状況に依存した意味ネットワークとして復元可能であり、Semantic Web [12] などの枠組みで提供されるオントロジーなどの資源との整合性を考慮しながら LAPI (6 節にて後述) を通じて変換可能になっている (図7の右上ボックス内表示参照)。

アドレス自分で決められるの？

<日付プロトコル>
 <名前空白> xmhshsb+http://www.elc.org/~v/名前の空白
 <発信 id=1>
 (おしまい)電子メール使ってみたいんだけど。
 例えば、so-netだったら、アドレス自分で決められるの? /おしまい丸
 <状況>
 <送信機の中/受信機の中>
 <ファイルコンピューティング(メールの操作)/ファイルド>
 <パーソナルコンピュータ操作に不慣れ> クラリファント絵画/テナー
 <モード>テキスト入力/モード</>
 <状況>
 <意味-文章文法>
 <テキスト性情報>
 <送信機の前段一所導入一目的/受信機の中>
 (他意図的な? /関係問題/目的の結果性) 電子メールアドレス/目的の結果性
 </テキスト性情報>
 <本文情報>なし/本文情報
 <送信機 ID=1> ... </送信機 ID=2> ... </送信機 ID=3>
 <送信機 ID=1> ... </送信機 ID=2> ... </送信機 ID=3>
 (おしまい)のアドレスを自分で決められるの? /おしまい丸
 <伝言中>
 <伝言> <goal><名詞> 意味=電子メールアドレス/<名詞> /goal/<付着句>
 (過程 結果性 = 何物 (material)) X (動詞 意味=決める/次々/助動詞 意味=許可される/助動詞)
 (状況)<動詞 意味=手紙><名詞 意味=主語自分/<名詞>/助動詞/<状況>
 <对人的><発信機ID希望要求/&発信機ID></对人的>
 <テキスト形成的><主語>アドレス/<主語></テキスト形成的>
 </伝言中>
 <伝言-挨拶情報>
 <送信機 ID=1> . . . </送信機 ID=2> . . . </送信機 ID=3>
 (おしまい)ユーザはアドレスを自分で決められるの? /おしまい丸
 <伝言中>
 <伝言> <actor><名詞> 意味=主語ユーザ/<名詞> <動詞 意味=許可する/<動詞> /actor/<goal><名詞>
 (goal=<名詞> 意味=電子メールアドレス/<主語>自分/<動詞 意味=決める/<次々/<助動詞 意味=許可される/<助動詞>
 (過程 結果性 = 何物 (material)) X (動詞 意味=決める/次々/助動詞 意味=許可される/<助動詞>
 (状況)<動詞 意味=手紙><名詞 意味=主語自分/<名詞>/助動詞/<状況>
 <对人的><発信機ID希望要求/&発信機ID></对人的>
 <テキスト形成的><主語>自分/<主語></テキスト形成的>
 </伝言中>
 </状況-挨拶情報>
 </伝言-文章文法>

図6 言語使用の制約によって補完・換言された言語
プロトコル表現例

³ この際、受信者は送信者が送ってきたオリジナルのテキストそのものも直接受信することは可能であるが、それはオプションのひとつによってなされるとする。

⁴本研究では、言語プロトコルを理解できるエージェントラッパーを施されたアプリケーションソフトを言語アプリケーションと呼ぶ。

電子メールはアドレスをもつ

図7 言語的知識表現例

また、命題などによる知識表現は、知識が成り立つための真偽性を問題とするが、我々ヒトが日常使用している知識は、命題がもつ真偽性よりも日常的に我々が情報を受け入れる基準となっている確信性を問題視している。これは、同じ情報でも発話者の違いにより、それを情報として価値あるものとみなすかみなさないかというヒトの日常の知的活動に通ずる。情報の確信性は言語プロトコルに施されている電子署名を解釈して発話者の身元に依拠して行われる。

6 言語アプリケーションプログラミングインタフェース

現在、異なる通信規格を持ったコミュニケーション対象どうしを通信させるためには、両者の通信規格をつなぐインタフェースを開発する必要がある。複数の通信規格をつなごうとすると、それごとにインタフェースを開発しなければならず大きなコストが発生する。そして、ひとつの規格が時代遅れとなり使用されなくなってしまうと、それを他の通信規格と接続していたインタフェースも利用されなくなり、その通信規格を利用していた機器は使えなくなってしまう。しかし、すべての通信規格を自然言語という通信プロトコルと関連づけるようなインタフェースを開発し、自然言語という時間的変化の緩やかな通信規格を媒介として通信が行えれば、現在のように通信を成立させるために堅固な規格どうしを通信させるインタフェースを策定する作業にかかるコストを削減することが可能になる。現在、電子データを保存することのできる媒体として、CD-ROM、DVD-ROMなどの大容量の記録媒体が普及し、情報の利用価値を高めるために情報を電子データとして保管する傾向にある中、情報を記録しておく媒体の劣化により、その中に保存されている大量の情

図8 自然言語を媒体にすることによる規格フリーの実現

図9 LAPIの持つ二つの機能の概観

報を一瞬にして損失する危険性が指摘されている[13]。これらのことから規格や記録の媒体が時間の経過において変化しにくい媒体を通信の規格の媒体や情報の記録の媒体として利用すれば、一度作成した規格を永続して使用し続けることができ、また、様々な通信規格との間のコミュニケーションをシームレスに行うことのできるコミュニケーションバリアフリーの環境を実現することができると考える。図8にそのイメージ図を示す。

本稿では、このアイデアの下に通信の規格フリーおよびコミュニケーション対象物間におけるシームレスなコミュニケーションを実現する通信規格間インタフェースとなる言語アプリケーションプログラミングインタフェース（以降、LAPI (Language Application Programming Interface) と呼ぶ）の提案を行い、それが言語プロトコルと共にどのようにコミュニケーションバリアフリーを実現するのかについての例を示す。

6.1 LAPI 開発方法

LAPIをアプリケーション間をつなぐインタフェースとして開発する方法を例として示す。この際、LAPIはアプリケーションに入力された自然言語（言語プロトコル）をアプリケーション操作の内部表現（プログ

機能 1 の例として、共通の自然言語表現「(マウスのカーソルを) 1 行下へ設定する」に二つの異なるアプリケーション(ここでは、「規格 A」、「規格 B」と呼ぶことにする)の内部表現が以下のものであったとする。

図10 LAPI のもつ共通の自然言語表現例

6. このことを本研究では、「アプリケーションの言語モデル作成」と呼んでいる。この際、オントロジーを書き出すシステムが拡張されると自然言語で記述される対象の個数(図9中に n で表示)が膨大な数になってしまうことが予想される。これに対して、対象となるアプリケーションソフトの操作機能を使用される状況にそって分類し、フレーム問題が発生することを回避する工夫を行っている。

また、ふたつ目の機能(図9中、「機能2」)として、異なるアプリケーションで共通の自然言語表現が存在しない場合は、アプリケーションごと個別にその内部表現を自然言語の意味体系に結び付けるインタフェースを作成する。機能1と異なり、アプリケーションの操作の内部表現どうしが直接的に共通の自然言語表現を介在してコミュニケーションがとれるということはないが、自然言語の豊富な意味と各々のアプリケーションの規格をつなげることにより、自然言語の意味体系内の操作(言葉の補完や換言操作などを含む)により、完璧なコミュニケーションにはならずとも、異なる規

共通の自然言語表現	自然言語の意味	規格A	共通の自然言語表現	自然言語の意味	規格B
マウスのカーソル	意味=対象物	(Object omitted)	マウスのカーソル	意味=対象物	Mouse-cursor
を	意味=対象	→	を	意味=対象	
1	意味=数量	Count	1	意味=数量	Value (1, 1)
行	意味=単位	indLine	行	意味=単位	Value (Line, *)
下	意味=方向	MoveDown	下	意味=方向	Down
に	意味=場所		に	意味=場所	Location (意味=方向/*)
設定する	意味=物象的移動	MoveDown	設定する	意味=物象的移動	Set

図12 異なる規格どうしのコミュニケーション例

No.	ユーザ⇄秘書	秘書⇄ユーザ	秘書の解釈 (言語プロトコル表現)	談話のステージ	LAPIにおける 自然言語表現	アプリケーション内部表現一例	
1	クリスマス会の招待状 を作成します。	言葉の補充、 結束関係、照応関係 の明確化	クリスマス会の招待状を 作成します。	文書作成 宣言	(ワープロ起動) (アプリケーションソフト) を起動する	exec Word_processor	
				(テンプレート適用)	非公式な手紙文書テン プレートを適用する	set template.value(informal)	
2		了解しました。	了解しました。	言語アプリによるLAPIにおける 言語表現へ結びつける作業			
3	はがきサイズで。	言葉の補充	はがきサイズで作成した い。	ページ設定	用紙サイズ設定	用紙サイズを「〜」にする	set paper_size.value('letter')
4		縦方向で作成しますか？ 横方向で作成しますか？	縦方向で作成しますか？ 横方向で作成しますか？		印刷方向設定	印刷方向の値を求める	request print_direction.value(X)
5	横で。		横方向で作成したい。			印刷方向を「〜」にする	set print_direction.value('horizontal')
6		了解しました。	了解しました。				
7	クリスマス会のお誘い、 と入れてください。	一定定型文への変換	「クリスマス会のお誘い」 を招待状に入れてくださ い。	文字入力	タイトル(必須項 目)入力	文字を「〜」に入力する	insert frame(title, ~).value(X)
8		了解しました。	了解しました。				
9	文字をもう少し大きくし て。		文字をもう少し大きくした い。	文字サイズ変更	文字のサイズを「〜」に する		set font(size).value(X)
10	太字に。		文字を太字にしたい。	文字種類変更	文字種類を「〜」にする		set font(type).value(X)
11		了解しました。	了解しました。				
12	左側の下のほうに、日 時を入れます。		招待状の左側の下に、日 時を入れます。	レイアウト 設定	レイアウト配置設 定	「日時」のレイアウト枠をX に設置する。	set frame(day_time, ~).at(X)
				文字入力		「日時」のレイアウト枠に 「X(日時)」を入力する。	insert frame(day_time, ~).value(X)
13		いつの日時ですか？	いつの日時ですか？	言語アプリからの要求		「X(日時)」の値を求める	request value(X)
14	12月24日12時から、 と入れてください。		招待状の左側の下のほう に12月24日12時からと 入れてください。	文字入力	日時(必須項目) 入力	「日時」のレイアウト枠に 「12月24日12時から」を入 力する。	insert frame(day_time, ~).value(X)
15		了解しました。	了解しました。				
16	全体的な書式をもう ちょっとポップな感じに したいです。	クライアント秘書による ユーザプロファイル情報提供	全体的な書式をもう少し ポップな感じにしたい。 「ポップな感じ」を表現する因子 (バランス(明確)：サイズ (大きい)：配色(鮮やか))	書式設定	値の程度に反映	レイアウトのサイズを「〜」 にする。	set frame(Y, size).value(X)
						レイアウト枠の配置を 「〜」にする。	set frame(Y, ~).at(X)
						文字の色を「〜」にする。	set font(color).value(X)
						文字のサイズを「〜」に する。	set font(size).value(X)
					書式のカテゴリに反映	枠線の色を「〜」にする。	set clip_art(color).value(X)

図13 言語プロトコル通信を利用したシミュレーション例

入力文	自然言語の意味	品詞	システム 意味格	共通の 自然言語 意味格	自然言語の意味	品詞	システム 意味格	規格
文字	意味=対象物 (フォント)	名詞	Carrier	フォント	意味=対象物 (フォント)	名詞	Carrier	FontSize
を	意味=対象	助詞		の	意味=所有・ 属性	助詞		
もう少し	意味=程度	副詞	Circ	サイズ	意味=属性・ サイズ	名詞		
大きい	意味=属性・ サイズ・状態 値	形容詞	Attribute	を	意味=対象	助詞		
する	意味=状態変 化(属性性変 化)	動詞	Proc (rel)	Xポイント	意味=属性・ サイズ・関係 値	名詞	Attribute	Value(*)
				に	意味=目的	助詞		
				する	意味=状態変 化(属性性変 化)	動詞	Proc (rel)	Set

図14 入力文からアプリケーションのコマンドへの対応

格どうしを結びつける。

これら二つの機能を LAPI は所有することにより、どのような(通信)規格を持つコミュニケーション対象物ともコミュニケーションを可能にする。

7 シミュレーション例

言語プロトコル通信を使ったシミュレーションの例を示す。シミュレーションの例題として、ユーザがワープロソフトを利用して文書を作成する手続きを、クライアント秘書を通じて言語アプリケーションにワープロ操作をさせる対話を用いた⁷(図13)。

図13のシミュレーション例において、ユーザから発話された言葉は、クライアント秘書により状況に合わせた言葉の補完、結束関係、照応関係などが明確にされ、ユーザからの発話を他のコミュニケーション対象に送信した際に相手が理解しやすいように換言されている(例えば、図13中 No. 3のユーザ発話をクライアン

⁷ LAPIの使用例は、この場合、ひとつのアプリケーションだけを対象にして、入力された自然言語とアプリケーションの操作の内部表現を結び付けることだけに着目して説明を行う。

図15 「ポップな感じ」の解釈と LAPI のもつ言語表現への対応

以下、各場合において、言語アプリケーションがどのように LAPI の言語表現にクライアント秘書からの言葉を結び付けるかについて説明する。

(a) できる場合

図13中 No. 9のクライアント秘書からの言葉がどのように LAPI の言語表現と結び付けられるかについて説明したものを図14に示す。

クライアント秘書から与えられた言語の意味と LAPI の言語表現の意味とのマッチングをとることにより、入力された言語を言語アプリケーションの操作へと結び付ける。

(b) できない場合

この場合はいろんなパターンが存在するが、ここでは、その中のひとつの例を紹介する。図13中 No. 16のユーザ発話の中で「ポップな感じ」という感性語が存在する。このような感性語は LAPI の言語表現に直接結び付けることはできない。こういった場合には、クライアント秘書が「ポップな感じ」の言葉の意味をセミオティックベース内の辞書あるいはユーザプロフィール情報から探し出し、言語アプリケーションにその情報を与え、言語アプリケーションはその情報に基づいて LAPI の言語表現にクライアント秘書からの言語を結び付ける (図15参照)。

8 他の通信関連技術との比較

図16は、それらを表現する際に特徴となる情報技術の枠組みを横軸にとり、言語プロトコルとセミオティックベースの位置付けを他の通信プロトコルとそれらの配信資源とで比較したものである。縦軸の上段、通信プロトコルにおいてはその種別を利用する対象ごとに分類し、また下段においては、通信される情報資源の表現形態が自然言語のテキスト(ドキュメント)、意味、文法、状況のどの部分に対応するかという視点によって分類されている。

技術的に言語プロトコルに近い通信プロトコルは、エージェント間通信言語であると言える。KQML[14], FIPA-ACL [15] などといったエージェント間通信言語は、発話行為に基づいてメッセージのタイプが規定されている。それら通信言語によって通信されるメッセージ行為の対象として、情報表現言語である KIF[16]などが利用され、オントロジー記述言語として Ontolingua [17] などメッセージ行為の内容を表現するのに用いられている。また近年、Tim Berners-Lee [18] によって提唱された Web のデータをコンピュータで理解

図16 他の通信関連技術との比較

ト秘書が言葉を補完; No. 9-10のユーザ発話を補完, など) また、クライアント秘書は、ユーザからの発話を換言した結果を言語プロトコルとして言語アプリケーションに送信し、言語アプリケーションは受け取った言葉を自分が持っている言葉(LAPIにおける言語表現)に結び付けてワープロの操作といった行動に結び付ける。(LAPIの持つ共通の自然言語表現は、図12に示したようにアプリケーション操作の内部表現に関連づけられている。)

言語アプリケーションがクライアント秘書から受け取った言葉(言語プロトコル)を LAPI の言語表現に結びつける方法は、大きく分けて言語アプリケーションが受け取った言葉を直接 LAPI の言語表現に結び付けることが(a)できる場合、(b)できない場合の二通り存在する。

できるようにする枠組み Semantic Web が注目され [12,19], その技術と結びついて開発されている DARPA による エージェント 通信 言語 の DAML (DARPA Agent Markup Language) [20] の開発が進められている。これらのエージェント間通信言語のメッセージ行為を記述する対象は自然言語の「意味」の部分に相当すると考えられる。一方、上述したエージェント間通信の資源とは別に、主として自然言語処理技術の分野において、自然言語処理のために再利用可能な大規模な言語資源を構築するためのマークアップ言語の標準を設定することを目的としたプロジェクトである EAGLES (The Expert Advisory Group on Language Engineering Standards) [21] やドキュメント内に表現されている文法構造と意味を機械が理解するのを支援するためのタグ付けの手法である GDA (Global Document Annotation) [22] などが存在する。これらは、自然言語の意味および文法構造にタグを付与することによって、それらをコンピュータが理解する対象とし、自然言語の記述表現をそのままの形でコンピュータが処理できるようにする表現手法であると考えられる。それらの技術は、本来、エージェントが用いるメッセージ記述のオントロジーと比較されるものではないが、言語プロトコル通信によって配信されるメッセージの記述は自然言語がもつ意味、文法、状況をコンピュータが理解できる対象にし、自然言語の記述をそのまま用いるという点においてそれらの技術は参考にされる。言語プロトコルの配信資源を提供するセミオティックベースは通信のための資源という性質と状況を含む自然言語の記述表現を備えた資源として開発される。また、言語プロトコルは、人が既に持っている自然な通信規格、つまり自然言語をエージェントやその他の通信機器が使用する通信プロトコルとして利用するというコンセプトの下に開発されており、他の通信プロトコルのように人工的に規格を設定するものとは区別される。このことは、言語プロトコル通信における通信規約の規律は「自然言語」がもつ規律に従い、一方、エージェント間通信などの通信は形式的意味操作によってもたらされる規律に従うなどに反映される。また、本稿において提案しているコミュニケーションバリアフリーのコンセプトは、エージェント技術におけるエージェント間の協調性の問題に近いと考えられる。このことを実現している技術として、Bee-gent [23] は、アプリケーション間の連携動作を行い、ネットワーク上に分散する同種や異種のオブジェクト間を接続する機能を備えている。また、AgentPro [24] は、ネットワーク上に分散している様々なデータベースや、アプリケーションなどの異なるデータを

ユーザの要求する形で統合することを支援する。我々の提案する技術は、このような処理を自然言語という規格に基づいて行うというところに独自性が存在すると考えられる。

9 おわりに

本稿では、自然言語を通信プロトコルとする言語プロトコルを利用した新しい通信方法、自然言語で記述される知識表現、規格フリー実現のためのインタフェースの提案を行い、それらが実際にどのように働くかについてシミュレーション例を示して説明を行った。提案した通信手法は、我々が日常行っているコミュニケーションを真似た通信をコンピュータ上に実現し、さらにコミュニケーション対象を選ばない通信（コミュニケーションバリアフリー）を行うアイデアを取り入れた手法となっている。より具体的に提案する通信の適用される範囲は、コンピュータ間通信、家電製品、アプリケーションソフト間通信などエージェント技術が導入される余地のある通信機器間における通信を想定し、使用するユーザに不快感を与えない実時間での通信を実現することを想定している。

自然言語にはその意味解釈において、常にあいまい性と多様性が発生してしまうということから、通信プロトコルとして用いるには不適であると慣習的に思われている。しかし、そのことを逆に (i) 解釈の多様性をもたせることができる、(ii) 様々な言いまわし(表現)で意図の伝達ができる、(iii) 100%同じ情報を共有しなくともほぼ同じような情報を伝達できる（イメージの伝達）、(iv) マルチモーダル情報を表現することができる、などの長所をもった唯一の通信プロトコルとして利用するという逆転の発想が言語プロトコル通信の実現に不可欠であると考えられる。言語プロトコル通信の基本的なコンセプトは、既に存在する唯一無二でありヒトの知性を創り出した自然な通信規格である自然言語をそのままコンピュータの通信規格として利用するというものである。

本稿で示したコンピューティングの枠組みの中には、未解決の技術も多く含んでいるが、言語をコンピューティングの中心媒体にした新しいアイデアを多く含んでいると確信している。

謝辞

本研究の一部は、財団法人倉田記念日立科学技術財団の助成により達成することができました。この場をお借りして謹んでお礼申し上げます。

参 考 文 献

- [1] Terrence W. Deacon, "The Symbolic Species: The Co-evolution of Language and the Brain", Norton, 1997.
- [2] Ichiro KOBAYASHI and Michio SUGENO, "Toward Everyday Language Computing -Computing from a Viewpoint of Linguistic Theory-", The Journal of Advanced Computational Intelligence, Vol.1, No.1, pp.1-8, Nov. 1997.
- [3] 岩爪道昭, 小林一郎, 伊藤紀子, 高橋祐介, 藤城浩子, 菅野道夫, "日常言語コンピューティング—言語現象の社会的, 機能的解明と日常言語オペレーティングシステムの実現に向けて—", 人工知能学会論文誌, 近未来チャレンジ特集, Vol.17, No.2, pp.181-185, 2002.
- [4] 情報処理学会 情報家電コンピューティング研究グループ, <http://www.mkg.sfc.keio.ac.jp/IAC/>
- [5] M.A.K. Halliday and C. Matthiessen, "Construing Experience Through Meaning: A Language-Based Approach to Cognition" (Open Linguistics Series), Cassell Academic, 1999.
- [6] 伊藤紀子, 小林一郎, 菅野道夫, "セミオティックベースとそれを利用したテキスト処理について", 日本機能言語学会 Occasional Papers, Vol.2, No.1, pp. 63-71, 2001.
- [7] 高橋祐介, 伊藤紀子, 藤城浩子, 菅野道夫, "セミオティックベースにおけるコンテキスト層の検討", 人工知能学会, 第16回全国大会, 近未来チャレンジセッション, 3B1-02, 2002.
- [8] Simson Garfinkel (株式会社ユニテック訳, 山本和彦監訳), "暗号メールと電子署名", O'REILLY, 1996年.
- [9] L. Donlos, "Conceptual and linguistic decisions in generation", In the Proc. of the International Conference on Computational Linguistics, pp.501-504, 1984.
- [10] K.R. MacKeown, "The TEXT system for natural language generation: An overview", In the Proc. of the Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, pp.113-120, 1982.
- [11] M.A.K.Halliday, "意味のコンピューティング: これまでの経験とこれからの展望", 日本ファジィ学会誌, Vol.12, No.5, pp.615-634, 2000.
- [12] <http://www.semanticweb.org/>
- [13] Business Week: Department, Science & Technology, "COMPUTERS, DATA STORAGE: FROM DIGITS TO DUST", April 20, 1998. (<http://www.safesupplies.com/article2.html>)
- [14] Specification of the KQML Agent-Communication Language -plus example agent policies and architectures, by The DARPA Knowledge Sharing Initiative External Interfaces Working Group, 1993.
- [15] FIPA: FIPA'97 Specification: Part2 : Agent Communication Language, <http://www.fipa.org/>, Foundation for Intelligent Physical Agents, 1997 (1998, Oct. Version 2.0).
- [16] M.R. Genesereth, R.E. Fikes, "Knowledge Interchange Format version 3.0 Reference Manual" Logic Group, Report Logic-92-1, 1992.
- [17] Gruber, T.R., "A Translation Approach to Portable Ontology Specifications.", Knowledge Acquisition, Vol. 5, No.2, pp.199-220, 1993.
- [18] T. Berners-Lee, "Weaving the Web", <http://www.w3.org/People/Berners-Lee/Weaving/>, 1999, (日本語訳『Webの創成—World Wide Webはいかにして生まれどこに向かうのか』, 高橋徹監訳, 毎日コミュニケーションズ, 2001年).
- [19] 浦本直彦, "Semantic Web—機械のためのWeb—", 人工知能学会誌, Vol.16, No.3, pp. 412-419, 2001.
- [20] <http://daml.semanticweb.org/>
- [21] <http://www.ilc.pi.cnr.it/EAGLES96/isle/>
- [22] <http://www.carc.aist.go.jp/nlwww/i-content/GDA/>
- [23] TOSHIBA Corporation, Bee-gent (Bonding and Encapsulation Enhancement aGENT) チュートリアル (<http://www.toshiba.co.jp/beegent/tutorial/tindex-j.htm>).
- [24] Interstage AgentPro, FUJITSU Limited, <http://interstage.fujitsu.com/jp/ps/agent/>.
(2002年1月18日 受付)
(2002年7月24日 採録)

[問い合わせ先]

〒194-0298 東京都町田市相原町4342

法政大学経済学部

小林 一郎

TEL: 042-783-2589(直通)

FAX: 042-783-2611(学部資料室)

E-mail: koba@mt.tama.hosei.ac.jp

著 者 紹 介

こばやし いちろう
小林 一郎 [正会員]

法政大学 経済学部 助教授
1995年9月 東京工業大学大学院総合理工学研究科システム科学専攻単位取得退学、同年10月法政大学経済学部特別研究助手、1996年 法政大学経済学部助教授、現在に至る。2000年4月より理化学研究所脳科学総合研究センター非常勤研究員。工学博士。主として言語情報処理に関する研究に従事。日本ファジィ学会、人工知能学会、言語処理学会、電子情報通信学会、認知科学会、各会員。機能言語学会理事。

いわづめ みちあき
岩爪 道昭

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 研究員
1998年 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科 博士後期課程終了。博士(工学)。同年学術振興会特別研究員。1999年 近畿大学 理工学部 経営工学科 助手。2000年 理化学研究所 脳科学総合研究センター 研究員。知識情報処理の研究に従事。1995年度 人工知能学会全国大会優秀論文賞。人工知能学会、情報処理学会、電子情報通信学会、ソフトウェア学会各会員

すげもと ちとる
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 研究員 1989年3月 東京大学理学部数学科卒業。1991年3月 東京工業大学大学院理工学研究科情報科学専攻修士課程修了。1995年3月 東京大学大学院理学系研究科情報科学専攻博士後期課程修了。同年4月から2001年3月まで東京理科大学理工学部情報科学科助手。2001年4月より現職。自然言語理解に関する研究に従事。博士(理学)。情報処理学会、人工知能学会、日本ソフトウェア科学会各会員。

いわした し の
岩下 志乃 [正会員]

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 研究員1996年3月 筑波大学第三学群工学システム学類卒業。2001年3月 同大学院博士課程工学研究科知能機能工学専攻修了。同年4月より現職。感性情報、個人化、ヒューマンインタフェースに関する研究に従事。博士(工学)。1999年 日本ファジィ学会奨励賞受賞。日本ファジィ学会、ヒューマンインタフェース学会、日本感性工学会各会員。

おざわ じゅん
小澤 順 [正会員]

松下電器産業(株)先端技術研究所 1988年 大阪府立大学工学部機械工学科卒業。1990年 東京工業大学総合理工学研究科システム科学専攻終了。同年、松下電器産業(株)入社。1993年4月より2年間国際ファジィ工学研究所へ出向。現在、松下電器産業(株)先端技術研究所に勤務。情報検索インタフェース、個人適応モデル、ネットワークエージェントに関する研究に従事。工学博士。1992年電気関係学会関西支部連合大会講演会奨励賞受賞。1999年大阪電気通信大学客員助教授。2000年より理化学研究所非常勤研究員を兼任。日本ファジィ学会、人工知能学会、情報処理学会等の会員。

すげの みち お
菅野 道夫 [正会員]

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 チームリーダー。昭和37年 東京大学理学部物理学科卒、同年三菱原子力工業(株)入社、昭和40年同退社、同年 東京工業大学工学部制御工学科助手、昭和52年東京工業大学総合理工学研究科助教授、昭和60年同教授、平成12年から理化学研究所脳科学総合研究センター所属。平成3年から平成5年の間日本ファジィ学会会長。工学博士。マドリード工科大学名誉博士。東京工業大学名誉教授。華中科技大学顧問教授。

A Study on Using Natural Language as a Computer Communication Protocol

by

Ichiro KOBAYASHI, Michiaki IWAZUME, Toru SUGIMOTO, shino IWASHITA
Jun OZAWA, Michio SUGENO

Abdtruct :

This paper proposes a new communication protocol, called a language protocol, and a new communication method using the protocol. They are developed as fundamental technologies of everyday language computing in which human intellectual activities by natural language is realized on a computer. In the framework for the proposed technologies, we show a flexible communication among any communication object is achieved by the proposed technologies. The availability of the proposed technologies is verified by a simulation example of the communication method using the language protocol.

Keywords : Everyday Language Computing, Language-based computer communication protocol, language-based knowledge representation, Language application programming interface

Contact Address : Ichiro KOBAYASHI

Faculty of Economics, Hosei University
4342 Aihara-machi Machida-shi Tokyo 194-0298 JAPAN
TEL : 042-783-2589(direct)
FAX : 042-783-2611(faculty office)
E-mail : koba@mt.tama.hosei.ac.jp