

神経回路に依る言語表現の構造と実世界の属性に依る言語の普遍文法

唐澤 信司

宮城工業高等専門学校 電気工学科 〒981-1239 宮城県名取市愛島塩手字野田山 48

E-mail: karasawa@miyagi-ct.ac.jp

あらまし 脳神経回路に言語表現が形成される仕組みの研究から、実世界の属性に依る普遍的文法を構築した。神経回路網は建て増し方式でその機能を増やすが、構成要素の神経細胞が一つまたは多数の活動を一つの活動にするので知識も言語も木構造となる。脳神経系からは活動を組織する以外の意味は生れない。そこで、実世界の事物を言語で表現する活動の体系として普遍的文法をまとめた。現実を言語で表現することと、言語表現で現実を思い起こすことにより言語機能が獲得される。

キーワード 普遍文法, 変形文法, 神経回路, 木構造, 知識表現, 思考過程

The Tree Structure of Linguistic Expression Caused by a Nerve System and the Universal Grammar Based on Attributes of Real World

Shinji KARASAWA

Department of Electrical Engineering, Miyagi National College of Technology

48 Nodayama, Shiote, Medeshima, Natori-shi, Miyagi, 981-1239 Japan

E-mail: karasawa@miyagi-ct.ac.jp

Abstract The universal grammar that depends to the attribute of the real world is constructed through the research of the brain mechanism where language expression is formed. Since nerve system increases the function with an annex method in which a nerve cell of the constitution makes from one or many activities into one activity, a knowledge and language becomes a tree structure. The nerve system does not bring any meanings except the organization of activities. So, a universal grammar was constructed by summarizing the system of the activity that expresses the things of the real world. The language faculty of human is acquired through linguistic activities about the real world.

Keyword Universal grammar, Transformational grammar, Nerve circuit, Tree structure, Knowledge expression, Thinking process

1. はじめに

チョムスキー (Noam Chomsky, 1928-) の生成文法 (generative grammar)[1] の考えは広く受け入れられ、機械翻訳などのシステム構築に貢献した。チョムスキー人間の脳には種に固有な言語機能を獲得することを可能にしている能力が生得的に備わっており、その普遍的な文法に変形を加えられて言語機能が獲得されるとした。遺伝子は細胞分裂に際して発現し、知能機能は形成された神経細胞によって形成されると考えられる。

2.2 節で述べるが、神経細胞は同時的な「活動の部分集合」を一つの出力にまとめる解読機能を持ち、その回路網が経験によって自動的に構築される。言語機能を獲得する能力は関係する活動の条件で活動するという神経細胞の機能で構築できる。この神経回路のしくみによれば言語機能は現在進行形で構築されつつあるもので、その言語の意味は外界に依存する。経験によって獲得される言語機能は生得的といえない。

民族により環境や経験が異なるので、伝統や言葉に相違点がある。しかし、どの言語も神経細胞により実世界の事物を表現することは共通する。

言語表現に組み込まれる知能の多くは実世界の属性を反映しており、それを伝える活動が言語活動となる。このようなアプローチにより、実世界を表現する活動を整理すれば言語の普遍的なルールとして普遍文法 (Universal grammar) を論議することができる。

知能システムでは内外の状況を把握して活動する。その活動は言語活動も思考過程も同じである。半導体集積回路を設計して製造する立場から見れば、神経回路は有限状態機械 (ステートマシン) である。ただし、従来のステートマシンは状態を操作するが、神経細胞はインパルスを操作するので、脳神経系は有限活動状態機械である。「活動を転送する」しくみにより実世界の実物がどのような活動で表現されるかを検討した。

2. 言語活動をおこなう神経細胞が組織

2.1. 一つの活動に統括する神経細胞

神経回路は身体のさまざまな活動を統制して活動する役割をはたしている。その制御には瞬間瞬間に全身の活動状態と関係する外界の実世界の様々な要素が組み合わされる。そして、神経回路の活動の一部を他人に伝えるために、その活動を表現する活動として言語機能を付け加えた。言語活動が活動を表現するようになると、言語表現は独立して活動を転送する。

神経細胞はインパルスという活動単位を出力しており、入力する活動単位群を一つの活動単位に変換する。神経細胞は同時の多数の活動を一つの活動にまとめる[2]。神経回路網では一つの活動に絞る神経細胞に満ちているから、不都合が生ずればそれを解消することができる。神経回路は神経細胞によって建て増し方式で形成された組織は統制されたものとなる[3],[4]。

2.2. 解読器として機能する神経細胞

神経細胞は活動して、他の細胞に影響を与えて自動消滅する。神経細胞が活動を開始するのは開始条件を満たす場合に限られており、神経細胞が持つ解読器の機能は次のように電気回路的なモデルで説明できる。

まず、多数の並列配線群を一つの配線に接続する回路を考え、外側に信号源と負荷を接続して、電源から負荷に活動を伝えんとする。この接続を用いて一つの信号源から多数の負荷に活動を転送することができる。

ここで、多数の信号源から一つの負荷に活動を流すことを考える。そこで、活動がない信号源は他の信号源の活動を吸収するとすれば、接続されている全ての信号源に活動がなければ、活動が負荷に出力されない[5],[6]。つまり、書き込みした経験の時と同じような状況にならないと発火しない。

入力のレジスタから解読器に接続することができると、出力をそれぞれ一本ずつ別の配線を使うことに限る必要はない。解読器の出力をそれぞれ別にするとその数が膨大になるので符号器により符号にして共通のバスを用いる。このデータのパターンの変換はルックアップテーブル(LUT)によって実現する。

2.3. 神経回路による記憶

神経細胞は具体的に接続されることによって、それが活動する状況が特定され、その活動が外部に特定の影響を及ぼし、活動による効果で意味がつけられる[7]。神経細胞の役目は活動を組織する役だけである。

活動の組織が回路としてできることが記憶である。神経回路網では神経細胞の接続が記憶を担っており、電子計算機の記憶装置のように記憶する倉庫のような場所を持つ必要はない。

時間的に変化する活動を組織する際にはタイミングを制御条件に入れる。タイミング信号は遅延要素を直列にした遅延転送回路から発生することができる。

活動が巡回するループ記憶回路は開始と停止信号で制御される。長期に及ぶ記憶は言葉を含んだ神経回路に記憶して保持される。インパルスの伝播により発生される一連のインパルスで活動をシリアルにつなげるのでインパルスの伝播するラインを中心に一連の活動が記憶できる。

2.4. 大脳の活動を監視する視床のしくみ

実世界の現在の状況を感じて把握し、過去の経験と照合して現在に対処する。その知能のしくみは行動制御でも、言語活動でも、思考過程でも共通するしくみである。この活動要素群がどのように統制されているかについては自動監視装置やロボットの頭脳のしくみとして有用である。

大脳には同時に複数の活動があり得る。その状況を把握し、過去の経験と照合して現在に対処すると活動が階層に組織される。大脳の活動をチェックして、その活動をする調整する所が視床であるといわれている。それらを時分割でチェックを行なうには活動中の領域を示すレジスタにおいて、活動している所を示し、それぞれの活動の重要性を比較して優先する活動を指定する。Rodolfo Llinas(1993)は、視床の髄板内核 Inter-Laminar Nuclei(ILN)からは40Hzの信号が走査をしていて、各領域からのメッセージを受けると報告している[8]。

2.5. 言語活動を自動制御する会議モデル

会議では発言者が次々と変わるが、発言の連なりには「視点の流れ」のような連続性がある。そこでは、それぞれの発言者が役割を分担して全体では統一した活動を展開している。そのために発言者を一人にするために、発言者は発言中であることと発言の終了を議事進行役の監視するモニターに伝える。司会者は図1に示す操作で状況に応じて活動を制御する。

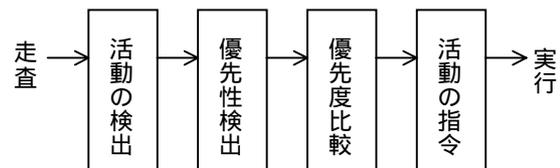


図1. 活動を指令する時分割の操作

Fig.1. Time-sharing operation that ignites the next operation

大脳では各領域の活動を調整する司会の役を視床が担っていて、そこで活動状況を常時チェックし緊急事態には割り込み動作を指示し、平静時にはルーチンの操作で次の動作を指示する。その活動は議長の活動のようになる。大脳の言語活動のしくみを説明する会議モデルを図2に示す。

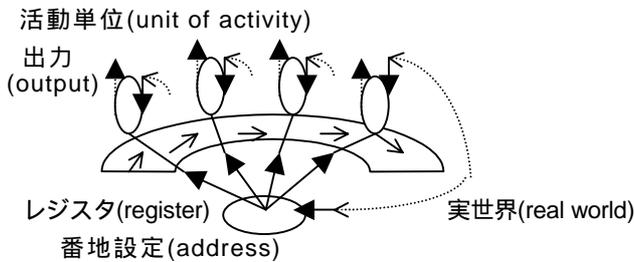


図2 言語活動を自動制御する会議モデル

Fig.2. The model of cerebrum that operates linguistic activities

2.6. 視覚の活動を制御する会議モデル

言語活動の会議モデルのようなしくみは視覚の制御でも必要である。

視覚の会議モデルでは、参加者は視点の部分画像に対応する。視点を次々と変えた時に、その度に視点の空間位置のデータで座席を決めて、そこに部分画像を貼り付ければ外界にある視野を会議場に持ち込むことができる。なお、空間座標の認識は中脳の上丘にあり、眼球の視軸制御とリンクしている。

視覚の場合には視野を固定すると会議場の座席である視点の空間配置が自動的に決定し、参加者である部分映像が変わる。座席は眼球の姿勢制御で、一つの視点が流れるように制御される。座席の順序で活動の部分集合を時分割で巡回させることにより、CPU(電算機の中央処理装置)のような動作をすることができる。

2.7. 身体の活動を統括する神経回路のしくみ

身体の活動を制御するにはそれに対応した神経回路が必要である。生命の活動組織は自ら自動的に対処して全体との調整する生化学反応を持っている。そこで、会議の司会を行なうような機能はどの神経細胞も持ち合わせているということが重要である。

会議の進行のような活動のしくみは多細胞系の調整機能を示したものであり、その小規模なものは階層的に組織された神経核である。随意的神経系とは別に不随意的自律神経系の神経核ではそれぞれのシステムが自動的に制御されている。

3. 神経回路の形成が関係する言語表現

3.1. 表現活動

言語表現が独立して意味をなすには完結した活動を表現しなければならない。活動にはそれを構成する要素として、活動の種類を指定する述部と活動の主体を指定する主部などがある。

文を成す構成要素間の係り受けを表現するルールを決めることにより、言語表現が簡単明瞭になる。主語を述語の先に置くことを指定するか助詞をつけて係り受けを示すなど決まったルールで表現する。こうして独立した意味を持つ言語表現は構造を持つ。

完結した文は完結した活動を表現しているので、文を伝えることは活動を伝えることになる。文を文字で書き写した時にその活動が凍結され、その文章が読まれた時にその活動が読者の脳神経回路の中で蘇える。

3.2. 建て増しされる神経回路による言語の構造

語を解読する回路は基本的な言葉の解読回路ができて、その後に修飾語が加えられる。そこで、修飾語を含む言葉を連ねる神経回路では修飾語は回路の奥に付け足される。その修飾語を含めて一括してデータマッチングにより解読するには、奥にある修飾語を先に発声する必要がある。そこで、修飾語は非修飾語の先に発声する(エンドフォーカス)。

書く文章においては客観的な記述にもなるので言語活動の状況が改まり文法のルールも守られる。孤立語の中国語は各語が変化を受けず、文法関係は語順によって表わされる。

会話では状況に合わせて言語表現をするので語順は確定しないことが起こる。緊急の場合には重要な言葉を先に言わなければならない。また、構成要素の中で同じ言葉の組み合わせでも重要な言葉が状況によって異なる場合がある。

3.3. 語形成(word formation)

複数の構成要素を持つ完結した単位の活動を文章表現する際に組み合わせられる構成要素の語(word)の係り受けを明確にするために、語に語彙的な意味を持つ語根(root)に機能或いは文法的な意味を持つ接辞(affix)をつけることがある。膠着語では文法的な接辞は接尾辞(suffix)として語根の後ろに付き、語根の前に付く接辞は接頭辞(prefix)として修飾する意味を持つ。

3.4. 語形変化(inflexion)

言語表現だけで独立して意味をなすには活動の要素を表現しなければならない。そこで、語形変化により、機能的或いは文法的な意味を持たせることがある。語形変化には共通の語幹(stem)に活用ごとに異なる語

尾(ending)をつける。屈折語の語尾活用は文法的な意味を持つ。

4. 実世界の出来事に関する言語表現

4.1. 表現の意味

始まりと終わりが活動単位にはある。活動単位の前で状態が遷移する。活動単位による状態の変化をその活動の意味とする。

活動単位の区別(セグメンテーション)は表現する事柄に依存し、一つの活動単位は一つの文章で表現できる。一つの文章は対応する活動単位がある。文章は状況遷移という意味をなす活動単位の表現であるから、文章は意味をなす言語表現の単位である。

4.2. 表現の構成

[述部] 述部には活動を記述する動詞と、その活動状況の記述を補う補語や副詞を付けることがある。

[主部] 活動の主体を指定する主部がある。主部は主語には形容詞などの修飾語を付けることがある。日本語では主語は修飾語の一種で必須の成分ではない。

[目的部] 活動に目的や活動の影響を受ける対象がある場合に、これを伝達事項にする。目的部には目的語があり、目的語を補う補語、或いは目的語を修飾する形容詞が付けられることがある。

4.3. 表現の型

活動単位には種々の種類があり、その活動の種類は動詞によって区別される。動詞により表現する活動が分類できるので、文章の型も動詞によって区別できる。同じ活動の型は具備する属性を共通に持ち、活動の型が異なれば具備する属性が相違する。英語では5種類の文型に分類されている。

4.4. 表現の構成要素

活動単位にはそれを構成する要素があり、同類の構成要素を交換する活動単位が存在する。そこで、文章を構成する要素を単語(word)とし、同類の単語で交換した文章が存在できる。この置換(substitution)可能な関係をパラダイム関係(paradigmatic relation)という。単語は意味を成す活動の構成要素として意味を持つ[9]。

単語は発音動作の部分集合で表現される。発音動作の単位が音素(phoneme)である。表1に表現活動に依る言語要素の定義を示す。

表1. 表現活動に依る言語要素の定義

音素	発声の単位
単語	事や物として認識される単位
文章	活動を記述する単位

4.5. 活動の状況と表現

[時制] 活動には過去、現在、未来がある。また、活動には単に活動を示す場合と進行している活動と完了した活動がある。

[能動と受身] 活動には主体自体が行なう能動的な活動と、主体が他の者が活動してその対象になる受身の活動がある。

4.6. 状況や目的により変化する表現

[意志] 活動を行なう意志の表現。

[命令] 活動をさせる表現。

[可能] 活動が可能であることの表現。

[敬語] 目上の人に対して伝える表現。

[強調] 表現の調子を強くする表現。

4.7. 関係を表わす表現

単語と単語の関係を示して繋げることがある。また、文を接続して記述することにより、文と文の関係を記述することがある。

5. 音声に関する言語表現

5.1. 発声の神経系の活動と音声認識の活動

音声の発声する神経回路の活動と伝播する音声の振幅には相違がある。長母音を発声する際に、発声の立ち上がりには神経回路が活動し、母音を引き伸ばして発声している際には音声波形は大きいにも関わらず、神経回路は活動していない。肺から空気を送り出すことで母音を引き伸ばす発声ができ、この期間に神経系は休むことができ長母音の母音の引き伸ばす長さには情報を含めない。このことが音波の波形から直接に言葉の認識をすることを困難にしている。音声波形を調べた経験がなければ音声の波形から言葉を解読することは出来ない[10]。

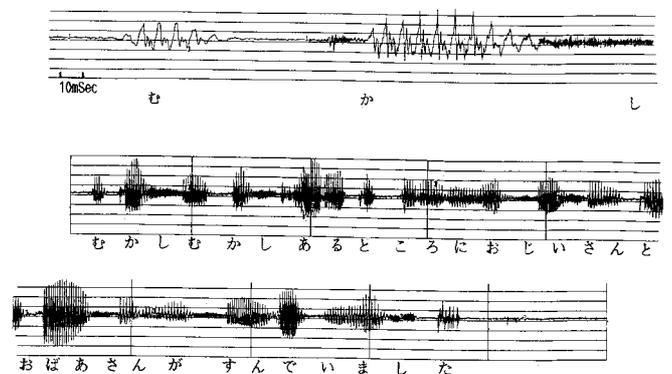


図2. 日本語の表音文字と音声波形の対応

Fig. 2. The phonetic symbol-waveform correspondences in Japanese

図 2. に日本語の表音文字と音声の波形の対応を示す。上段の図は、中段最初の部分の時間軸を引き伸ばした図である。

他方、人間は発音記号の活動単位で発声し、発音記号の活動単位で発声を聞き取っている。音声を聞いて直後は同じ音声を出すことが容易にできることが知られており、音声の発声する神経回路の活動と音声を聞いて理解する神経回路はタイミングの制御を共通にしている。論理的な思考の活動も言語表現の活動も神経回路を形成する見地から考えると活動単位群のタイミングの関係を同じくしていると考えられる。

5.2. 発音の活動パターンへの構成

言語の音声表現は人為的であるので、自由度があって様々ものがあり得る。異なる言語の相違には発声の活動のパターンが相違していて、その組み合わせで言葉が表現される。

例えば、日本語では「あ、い、う、え、お」50音が発声単位にあって、その発声単位で外国語を発声するので「外来語」という日本語になってしまう。英語の発音にはアクセントつけられているので、アクセントがない日本語を英米人はアクセントをつけて発声することになる。

Handbag を日本語でハンドバックと書き、ハングル文字ではヘンドベックとハングル文字を書く。そして表音文字の如く発音する。

日本語の変化には平安中期(11世紀末から12世紀始め)に、「仮名」という日本語独自の表音文字が使われるようになり、説話文学など独自の言語文化が発展したことがある。ところが、朝鮮半島に於いても李朝4代目世宗大王がハングル文字を公布(1446年)により、それ以降朝鮮語に大きな変化が現われた[11]。

6. 文化の変遷と言語表現の変化

6.1. 異国語の導入に共通した文法

中国伝来の文化が理想であった奈良時代は、日本語とハングル語は非常に近い関係にあった。現在では、日本語とハングル語(朝鮮語)の音声は相当相違がある。しかし、日本語の文章とそのハングル語訳[12]の語の対応関係を調べてみると語順や助詞など文法が日本語とハングル語は非常に類似している。専門家でも日本語のどの部分がハングル語のどの部分に相当するか示すことができる。

これは、ハングル語も日本語も共通に中国の漢字文化を導入したことによると考えられる。両国語は中国語の語彙を含めて母国語を言語表現することに共通性がある。漢字文化を導入するプロセスにあったハング

ル語の文法を日本人が借用して、日本語の語彙に中国語やハングル語を含めて表現したに相違ない。それが、日本語の外来語を容易に取り込む特徴の由来であると考えられる。

6.2. 言語表現の改善による変化

省略ができる言語表現は省略した方が簡単明瞭になる。その省略が文書は後世になって注釈書が必要になる。古くはアリストテレス(B.C.384-322)は「修辞学」を書き、ヘラクレイトスの著書(B.C.500頃)は接続詞が少ないために係り受けや文章の句読を切るのが一仕事であると書いている[13]。孔子が書いたといわれる魯の国の年代記「春秋」(B.C.481)はあまりに簡潔なために意味が良くわからないと、孔子の弟子の左丘明が注釈書「春秋左氏伝」を書いた。こうして言語表現は改良が重ねられてきた。

6.3. 言語学の歴史主義と科学主義

共通理解ができる記号を使うことが言語活動である。言葉の世界では人は同じであることもできる。人間は共通理解する言葉を使って考えを同じにすることができて、それが人類に文化を発展させ文明を興した。

言語と文化は相互作用しあって、共進化するので言語学は文化史と近い関係にある。19世紀の言語学は歴史主義であったと言われている[14]、他方、20世紀は科学の時代であったと言っている[15]。

歴史は事実を記述することであり、事実は実世界にあり言葉は神経回路が産み出したものである。言葉の世界は人間が経験を通して形成したものを基礎にしている、言葉は事実も真理も表現できる。しかし、実世界は実時間で変化して止まないが、言葉の世界は実時間を超越して存在できる。真理はその言葉の世界にあり、現実とは異なる。

普遍的な法則を抽出した科学において、科学は「例外がない」から全てに当てはまる。しかし、全てが科学により説明されるというのは科学の適用範囲を超えている。事実のなかに法則性や共通性を見だし、それを用いて事物を理解する。事実は全て科学の対象になり得る。しかし、事実は科学ではない。実際の個人には個性がある。個人は他人と同じ場所を占めることができない。現実の個人は変化する。自分は他人と違うことを認めた時に自立の道が開かれる。

古代ギリシャの時代、個人の身分が力とならない自由なイオニア地方の植民港湾商業都市で言葉の基礎になる論理(ロゴス)を論じ、科学を生んだ。科学するとは、“上り坂も下り坂も同じである”ことであった[16]。科学は“上り坂と下り坂は違う”というような現実から客観性を求めて成立した。しかし、客観的なルール

の中に人間を押し込めば普遍的で共通の世界に人間が押し込められてしまう。また、発声器官を発達させて言葉を使い個人の負担を軽減させた言語が脳を肥大するストレスの原因ともなる。現代人の脳の容量(1400cc)より大きな脳を持っていたネアンデルタール人(1500cc[17])はその特徴を著しくして絶滅した。ヘラクレイトス(B.C.500年頃)曰く「何人も同じ水でその足を2度とは洗い清めることはできない。何故なら全ては流転し、変わり行くものなのだから」[18]。その変化する文化の一翼を言語が担っている。

7. あとがき

神経回路網がインパルスの転送して知能を担う現象を「活動」という概念で取り扱った。神経細胞は「言語活動」に於いてもリンクした関係する神経細胞群が条件を満たした時に「活動」する。この活動と同時に組織される脳神経回路網は建て増し方式で機能を改善したり修正するので木構造を持つ。その神経回路網に言語活動が組み込まれるので言語表現も木構造を持つ。

脳神経回路網において言葉と意味の関係を見出すことはできない。ベルの音で唾液がでる犬の脳を解剖しても、何故ベルの音で餌が出るかは説明できない。ベルを鳴らしてから餌を与えたのは実験者である。

本文では、知能が経験を通して建て増し方式で形成され、言語機能はその知能の神経回路に依存するとした。そこで、言語表現は知能の対象である外界の現象や外界の事物に依存するという説明になる。人間には生まれながら普遍文法を持っているという理由で翻訳が可能であるのではなく、対象となる事物が同じであるので翻訳が可能になるのである。

通常は母国語を習得して意味が母国語とリンクしているので、外国語を母国語に翻訳することも必要になる。しかし、外国語を使いこなすには外国語と現実が直接リンクしていることが必要である。

言語機能の形成過程に関する原理から種々の言語に共通する基礎事項を普遍文法として求めた。現実に対応できる簡便な文法を持つ言語が文明の進展を記述するのに役に立つ。

本研究では脳神経系を「活動」という新しい概念で説明することを試みた。一個の生命体は全身の細胞が瞬間ごとに活動が統制されており、そこには個々の細胞が他の細胞の活動に協調して反応するという解読器のような動作をするしくみが働いている。

この脳神経系と同様な活動は電子回路によっても実現できる。しかし、機械が物事を理解することができたとしても、人間は自分で自分を取り巻く世界を理解して自分の行動を自分で判断しなければならない。

本報告が言語学、言語教育或いは翻訳装置の開発な

どに役に立てば幸いである。

文 献

- [1] N. Chomsky, Syntactic Structures, Mouton, The Hague, 1957.
- [2] 唐澤信司, 池田千里, 具龍会, 鄭俊憲, “解読器を要素とする言語処理”, 信学技報, TL97-15, pp.9-16, July, 2004.
- [3] 唐澤信司, “人間の視覚及び聴覚神経系に類似したインパルス転送回路網モデル”, 信学技報, HIP2003-77, pp.1-6, December, 2003.
- [4] S. Karasawa, Activity Transfer Models for Associative Activities in a Brain, Proc. of the Language Sense on Computer 2004, pp.18-25, 8th Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence, Auckland, New Zealand, August, 2004.
- [5] 唐澤信司, “活動単位を電荷で送って脳神経回路の機能を実現する回路網の構築法”, 信学技報, NC2004-2, pp.7-12, May, 2004.
- [6] S.Karasawa, Dynamic MOS Circuits for Neuro-morphic Hardware Implementation Based on the Paradigm of Activity, Proc. of International Conference on Computing, Communications and Control Technologies, Austin, Texas, pp.194-199, August, 2004.
- [7] S.Karasawa, Model of Linguistic Activities as Ad hoc Interactive Activities in an Impulse Driven Multi-agent system, SCI2003, Orlando, Florida, Vol.14, pp.365-370, July, 2003.
- [8] R. Llinas and U. Ribary, Coherent 40-Hz oscillation characterized dream state in humans, Proceeding of the national academy of science of the United States, 90(1993) 2078-81.
- [9] 風間喜代三, 上野善道, 松村一登, 町田健, “言語学”, 東京大学出版会, pp.7, 1993.
- [10] 唐澤信司, 具龍会, 関泰泓, “レベル圧縮した音声信号による音声認識”, 東北大学通研第281回音響工学会, 第11回ME研究会, No.2, Feb, 1996.
- [11] 朴炳植, “日本語の悲劇”, 情報センター出版局, pp.107, 1986.
- [12] 唐澤信司, 池田千里, 具龍会, 鄭俊憲, “ロボットの制御用の日本語及び韓国語の認識システム”, 平成8-9年度科研費国際学術研究(大学間協力研究) 課題番号[08045045]研究成果報告書
- [13] 内山勝利編集, “ソクラテス以前哲学者断片集”, 第1分冊, 岩波書店, pp.294, 1996.
- [14] アンドレ・マルティネ編, 泉井久之助監修, “近代言語学体系(1)言語の本質”, 紀伊国屋書店, 1971.
- [15] B. Magee, The story of Philosophy, Dorling Kindersley Limited, London, 1998, 中川純男監修, 知の歴史, pp.170, BL出版, 1999.
- [16] ジャン・ブラン著, 鈴木幹也訳, ソクラテス以前の哲学, 白水社, pp.66, 67, 1994.
- [17] 三浦種敏監修, 新版聴覚と音声, 電子情報通信学会編, コロナ社, pp.218, 1994.
- [18] Mehlika Seval 著, Sarman 万里子訳, エフェソス探訪, Minyatur Publications, Istanbul-Turky, 1995.