自然言語処理 73−13
(1989. 6. 30)

機械翻訳システムの中間言語

The interlingua for a machine translation system

村木一至　亀井真一郎　野村直之
MURAKI Kazunori　KAMEI Shinichiro　NOMURA Naoyuki

NEC Corporation

1] はじめに

言語理解システムや、機械翻訳システムに於てテキストの情報内容を盛る器としてどの様な機構を持った形式言語を用意すべきかについて定説はない。ところが最近、ＣＩＣＣの多言語間翻訳プロジェクトやＥＤＲ日英電子化辞書プロジェクトなどの目的、目標を達成するために、中間言語ないし概念記述言語が必須の道具と認識されるようになり、徐々に具体的な提案がなされるようになってきた。理想的な中間言語が一朝一夕にできあがるとは考え難く、それを得るためには多方面からの研究が継続的に具体的検証と平行して続けられなければならないと考える。

筆者らも、中間言語方式による多言語翻訳システム開発のため中間言語を開発・利用してきたが、その設計法ないし中間言語自身の内容に関してはいままで報告する機会がなかった。

本稿では実際に現在稼働中のシステムに於ける中間言語（ＰＩＶＯＴ）の基本構成を説明し理想的な中間言語設計・開発の資料の一つに供したい。

2] 何を目指したか

中間言語ないし概念構造記述言語と呼ぶものは人為的に作る情報表現の器である。また、目標とするのは翻訳という情報伝達が可能な文内容表現を担う言語の開発である。形式論理（例えば述語論理、様相論理）は意味内容をきっちり表現する唯一の道具であると考えられてきた。しかしながら、例えば「ペンギンは飛ぶ」という文の言語翻訳に於て、中間言語が事実の真偽を明確に記述できる必要があるかといえば、必ずしもそうではない。与えられた入力文の記述内容を伝えることが必要であっても、「そんなばかな？冗談でしょ」といった内容の解釈結果を伝達する必要性はない。つまり、ある状況（モデル）において言明の真偽を判定する枠組みとしての形式論理以外に、機械的に翻訳を行うための文内容を盛る形式言語でより扱いやすい言語が設計できないかと考えた。

中間言語の機能としては、一方の言語の単語表現が他方の言語の単語表現にうまく移し換える為の情報の橋渡し機能を持つ必要がある。言語の文化を担う部分を端的に著す単語表現は、一般に複数言語間で単語レベルの一対一対応を持たないことがある。これを解決するためには、lexical-decomposition、exhaustive-listingと言った戦略が考えられる。

Schankの動作の意味記述法における１４primitivsモデルは前者の戦略の立場である。１４種の独立な意味（意義）素の組合せによって全ての動作の意味を記述できるというものである。それらの意義素がすべて言語独立で且つ動作に関する諸々の意味を表現できるときに各言語の文化差異をも吸収する規範表現を与える期待がある。しかし翻訳システムにとっては異なった言語間で容易に双方の単語表現に対応つけられるものをたった１４種の語義に分解してその組合せで表現しなければならない積極的な理由はない。[3),4)]

岡田らは後者の戦略に従って動作の基本的

なプリミティブを数え上げた。語彙のリストアップとその分析的研究から、約２０００の動作意義素（単純動作概念）を抽出し、それに直接対応しない動作単語表現はその組合せにて表現することを提案している。筆者らの中間言語「ＰＩＶＯＴ」の語彙設計はこの戦略を採用している。[1),2)]

後者は存在する各単語表現そのものにそれ固有の独立した意味が対応していると考える立場である。筆者らは、他と差別的に認識すべき、且つ認識できる意味を担う単語表現は、各文化に於てそれが如何に頻繁に情報伝達行為中に意識されることがあるかに依存して作り出されてきたと考える。また、既に存在する単語表現が担う意味とその差異が識別可能な意味が存在する時、

１）もともと存在する意味を含み、新たな差と認識できる意味を加えた複合意味を担う単語表現をあらたに作るか、

２）既存意味に対立する意味を担う新たな単語表現を作り出す、

のではないかと考えている。そう考えると、中間言語の語彙（CONCEPTUAL-PRIMITIVE　ＣＰ）は例えば１４種の意義素である必要はなく、またそのように決まった数の物であることは不可能である可能性がある。そこで、単語表現のリストから、少なくとも各言語で認識できる単語の担う意味に対応してＣＰを設計することで最終的に望むものが得られると考えた。さらに、そこで抽出したＣＰを用いて複合的概念の分析的PARAPHRASEが可能であると考えた。

さらに、複合的概念を素な語彙を用いて表現する構造記述機能が必要であり、それは内容を両言語表現間に橋渡しする機能でもある。その方法としては、仮に名付けるとsemi-translation、およびparaphrasingという２手法が考えられる。

前者はある単語表現があった場合にその直接対応する単語表現が他の言語にないとき、上位概念、関連概念等による次善対応付けで対処する方法である。情報伝達という目的から考えると、伝えたい内容をその読み手の身近な言葉で表現できるので、ある場合には伝達目的をより効果的に達成できる可能性もある。

後者はあくまでその直接対応がない表現を目標言語において言い替え説明するという方法である。どちらの方策を採用しても、中間言語としての語彙を網羅的に数え上げるならば、両手法は選択的に組み合わせて用いることができる。ＰＩＶＯＴ設計では、paraphrasingによる構造的な対応付けを基本として採用した。インプリメンテイションでは両者を効果的に組み合わせている。

ＰＩＶＯＴは当初日本語・英語と言う２カ国語の言語データを基に設計・開発し、日・英翻訳システムに利用しながら強化してきた。最近スペイン語や韓国語やフランス語などに関しても同言語の有用性の検証を開始した。それは、緒についたばかりであるが、語彙セットに関しては殆ど手を加える事なく利用している。

以下の節ではまず、ＰＩＶＯＴの言語仕様における語彙と文法について説明し、その後で、中間言語にとって最も基本と思われる特約語彙を具体的に例示し解説する。

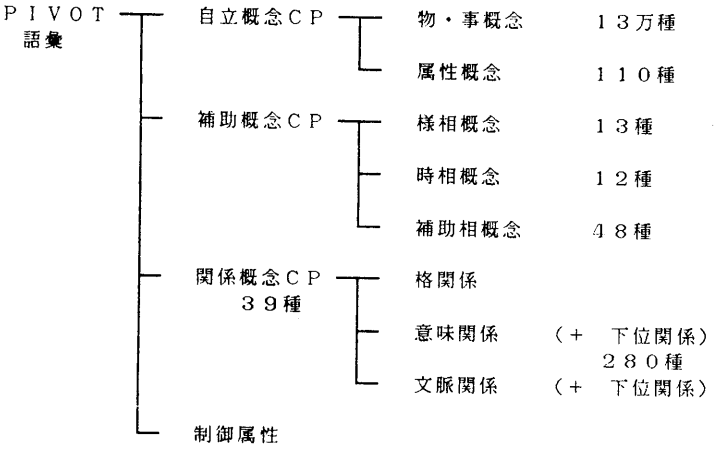

図１　ＰＩＶＯＴ構成

3] 構成要素はなにか

ＰＩＶＯＴは言語のリソースとしてその文法（書式）と図１に示す各種の語彙（ＣＰ）とから成る。各種語彙は原則辞書に定義される物で，ほとんどの場合表層に対応表現を持つ。

語彙は大きく分けて４種類ある。以下の説明中、”大文字アルファベット＋＃”はＰＩＶＯＴの語彙ＣＰを現すものとすし、用語”語彙”と”ＣＰ”は同一意味とする。

第一は自立概念ＣＰと呼ばれる物で”ＡＰＰＬＥ＃”、”ＷＡＬＫ＃”等の事、物に関する概念と”ＦＲＥＱＵＥＮＣＹ＃”、”ＣＯＬＯＲ＃”、といった属性概念、”ＹＥＬＬＯＷ＃”、”ＨＩＧＨ＃”といった属性値概念を表現する語彙である。現在、日本語・英語単語見出し各々９万に対して総数約１３万種類ある。

第二は文章中に出現するＣＰ間に文章中で指定される意味的関係を記述する語彙であり関係概念ＣＰと呼ぶ。”ＡＧＥＮＴ＃”、”ＴＩＭＥ

表１　関係概念リスト

NO	CP	Full-spell	BRIEF DESCRIPTION	EXAMPLE SENTENCE
1	OBJ	object	Object of a Predicate	John hit the desk with his fist.
2	AGT	agent	Subject of an action	He gave me his books.
3	CAU	causer	causer	She let him leave.
4	EXP	experiencer	Subject of feeling, sense	They suspect that he's the murderer.
5	INS	instrument	tool, instrument	The computer solved the problem.
6	MEA	means	means, method	She persuaded him to stay with a kiss.
7	BEN	beneficiary	beneficiary	They are working for me.
8	LOC	location	place	I saw it under the table.
9	TIM	time	time	We haven't seen land in 20 days.
10	SOR	source	source, starting point	John left town.
11	TAR	target	target, destination point	John spent all his money on clothes.
12	PRT	participant	companion, accompanied thing	They married Taro to Hanako.
13	CAP	capacity	role, function	He attended meeting as a leader.
14	FCS	focus	focus	He wrote a book about Japan.
15	MAT	material	material	Their house is built of wood.
16	ELM	element	element	Japan consists of four islands.
17	POS	possessor	possessor	This is my house.
18	POF	part of	part of the whole	The front of the car was destroyed.
19	NUM	number	number	five meter...
20	NAM	name	name	The Yamanote line...
21	NMOD	noun modifier	succession of noun	The magnetic discs...
22	ATT	attribute	attribute	What is your shoe size ?
23	VAL	value	value of attribute	The length of the axis is 30 meter.
24	MOD	modifier	adverbial modifier	People struggle to live better.
25	QUNT	quantity	quantity	She bought two bedding sets.
26	EQ	equality	equal relationship	That must be a whale.
27	APP	apposition	apposition	Memory devices, such as magnetic discs
28	REF	reference	determination of reference	Which man did John say saw him?
29	CPQT	quantity of comparative	quantity of comparative	He is 5 cm. taller than I.
30	MDQT	quantity of modification	quantity of change, continuation	He walks 5 km.
31	RLBS	base of relativity	base of relative concept	He looks at the outside of the window.
32	DCMP	dummy case for comparative	than of comparative	He is taller than I.
33	MODS	sentencial-modifier	sentencial modifier	He is, in a word, an idiot.
34	PAR	parallel	parallel	John and Mary heard the news.
35	GOA	goal	goal, aim, purposive	They stopped in order to rest.
36	CON	connection	connection of affairs (in a sequence of time)	Returning to my office, I slept.
37	REA	reason	reason	The rain made us seek shelter.
38	CAS	case	establishment of case	In case of the accident, call me.
39	CASA	case assumption	assumption	If he comes, call me.

＃”、”ＲＥＡＳＯＮ＃”等の格関係、意味関係文脈関係等を表現する２項関係記述子からなる。また、意味関係および文脈関係はその下位分類を持ち、例えば、”ＵＮＤＥＲ＃”、”ＢＥＦＯＲＥ＃”等は時刻、場所関係を表現する下位関係ＣＰの例である。この中には関係概念”ＰＡＲＡＲＥＬＬ＃の下位関係”ＡＮＤ＃”、”ＯＲ”等の論理的ＣＰも含まれる。関係ＣＰは現在３９種類同下位関係ＣＰは約２８０ある。

第三は補助概念ＣＰと呼ぶ様相、時相、補助相からなり、話者態度、動作様態等を表現する語彙であり総数７３種である。

第四は制御属性と呼ばれ、主題、焦点等の区別、意志、無意志の別、状態、動作の別、並列の範囲のマーク、分野・語用の別と言った属性からなり、これらは、原則的にそれらの値に対応する表層単語がない。入力文章のスタイルによって話者が述べたい事実内容の表現の仕方（言い回し）を出力言語に伝達する機能を担っている。

ＰＩＶＯＴの基本文法は非常に簡素である。それは以下の３つの約束からなっている。

中間言語表現書式

１）　構造

1.1　中間表現は有効グラフでありＬＯＯＰを含まない。

1.2　関係概念ＣＰと補助概念ＣＰ、自立概念ＣＰはグラフパス上で交互に出現する。

２）　ノード

2.1　必ず一つのＣＰないし複合ＣＰを含み、そうでないものはノードでない。制御属性はそれだけでノードとは見なされない。

2.2　複合ＣＰは関係ＣＰ１＝関係ＣＰ２＝下位関係ＣＰないし関係ＣＰ＝下位関係ＣＰで与えられる。

2.3　ノードはＣＰの他に種々の情報を持ち、それは制御属性、下位分類属性ＣＰ、補助属性ＣＰによって記述される。

３）　有向ポインタ

3.1　有効ポインタの方向は、格関係概念ＣＰ毎に定義されている。それを満たさないものは有向ポインタでない。

複合概念ＣＰは、例えば次のような書式で記述する。書式例１の意味は、目標を表現する格関係”ＴＡＲＧＥＴ＃”は意味関係”ＬＯＣＡＴＩＯＮ＃”の下位関係”ＯＮ＃”に格を割り当てる。つまり　表層表現「。。。の上に」に対応する。書式例２は英語では表現「ｕｎｔｉｌ」に対応する複合関係ＣＰである。

例１．
ＴＡＲＧＥＴ＃＝ＬＯＣＡＴＩＯＮ＃＝ＯＮ＃

例２．
ＴＡＲＧＥＴ＃＝ＴＩＭＥ＃＝ＢＥＦＯＲＥ＃

３．１］　自立概念ＣＰ

自立概念ＣＰは各言語の単語表現が持つ各意味を表現し、関係概念ＣＰが乗り物を記述すると考えるとそこに乗る人に対応する。自立概念ＣＰは大きく分けて２種類あり、物・事概念を表現する語彙と属性を表現する語彙がある。属性概念はさらに２種類に細分類され、１）属性名概念、２）属性値概念にから成る。属性名としては”ＣＯＬＯＲ＃”、その値としては”ＲＥＤ＃”、”ＹＥＬＬＯＷ”といった離散的値を採るものと、程度・度合を現す属性名、例えば”ＦＲＥＱＵＥＮＣＹ＃”とその値”ＡＬＬ＃”、”ＭＡＮＹ＃”、”ＮＥＵＴＲＡＬ＃”、”＃Ａ－ＦＥＷ＃”、”ＮＯＴＨＩＮＧ＃”といった決まった連続的値を取るものがある。現在それらをあわせて約１１０種ある。

書式上、属性名は他の自立概念ＣＰ、補助概念ＣＰと次節で述べる関係概念ＣＰ”ＡＴＴＲＩＢＵＴＥ＃”によって結合され、属性値とは関係概念ＣＰ”ＶＡＬＵＥ＃”によって結合されなければならない。

３．２］　関係概念ＣＰ

関係概念ＣＰは表１に示すように３９種類の格関係、意味関係、文脈関係ＣＰと表２にその一部を示す下位関係ＣＰとからなる。関係概念ＣＰは、大きく分けて３群に分類できるが、その境界は必ずしも明確に決めていない。表１は左から関係ＣＰ、そのＳＰＥＬＬ、簡単な説明、例文からなる。

第１群は格関係と呼ぶものであり、”ＳＯＲＣＥ＃：始点”、”ＴＡＲＧＥＴ＃：目標点”を代表とする同表1～14の１４種から成る。

また、第２群は意味関係と呼び、”ＬＯＣＡＴＩＯＮ＃”、”ＴＩＭＥ＃”、”ＥＬＥＭＥＮＴ＃”等を代表とする同表15～30の１５種類から成る。

第３群は”ＣＯＮＮＥＣＴＩＯＮ＃：動作連鎖”、”ＣＡＳＥ＃：場合条件”等を代表とする同表31～39の９種類から成る。

実際、意味関係、文脈関係はかなり広い意味をカバーしており、各言語は表１で定義する語彙以上に時間、場所、場合条件などを細かく表現する能力を持っている。そこで、意味関係及び文脈関係には、その下位属性として下位関係ＣＰを設定することにより、関係表現の多様さを表現できるようにした。表２はその一部を示している。

を補助的に記述する意味を担うもの１３種からなる。同表中、英語対応表現が空白であるのは、英語表層として独立且つ適切な単語表現がない場合を意味し、翻訳においては何等かのParaphrasingの必要性を示唆する。

時相表現は現在１２種類のＣＰを設定しており、その中は３種類に細分類される。表４はおのおのの語彙リストを示す。また、対応英語が空欄であるのは表３と同じ意味である。

表２　　下位関係ＣＰ「０＊＊＊」の例

文脈関係ＣＰ：　ＰＡＲ

OADDITION	He wanted many things besides a new car.
OAVSPAR	He tried very, albeit not very hard.
OINSTEAD	They planted tulips in place of roses.
OAND,OOR,OXOR	

文脈関係ＣＰ：　ＲＥＡ

ORESULT	He managed to survive as the result of his effort.
ODUETO	日程の関係から、前途を断念した。

意味関係ＣＰ：　ＴＩＭ

ONEXT	論文を書き上げたその次に
OEACH	彼は論文を書き上げるとその都度休暇をとる。
OEACH	その話は、毎回聞かされる。
ONEXT	明くる日曜日、帰国した。
OBEFORE	彼より前にそこへ着いた。
OAFTER	They stayed beyond the summer.
OSOONAFTER	そこへ着くや否や直ちに指揮をとり始めた。
OSIMULTANEOUS	At the same time as Mary left, John arrived.
OIN	３時間でできる仕事。
ODURING	彼がここにいるうちに仕事を片付けよう。
OFUTURE	He will speak in a few minutes.

３．３］　補助概念ＣＰ

補助概念ＣＰは様相、時相、および補助相概念からなっている。この中には話者の態度（Propositional-Attitude)、物事の起こる様、ある様（Temporal,Aspect)を表現する語彙を含む。表３は様相（話者態度および論理的評価を表現する）と補助相概念として数え上げた６４種のＣＰをリストしたものである。同表に於てＭＤＬは様相と呼ばれるにふさわしい話者判断にかかわる内容を表現するもので、１３種類ある。ＣＳＨＣは、出来事に関する表現の客観的判断記述、客観的叙述

４］　評価、および検討

中間言語ＰＩＶＯＴはその開発から約５年間を経過した。全てが一時に揃ったのではなく順次に３度の大きな改良を加えた。その改良に於ては無計画に設定されたＣＰの統配合が主なものであった。自立概念、関係概念はその種の改良対象の最たるものであった。関係概念においてはシステム辞書の意味構造記述言語としても利用されるので、大きな改版は膨大な関連改版作業を発生させる。それを少しでも軽減するために当初より関係概念は下位関係概念との組合せによって表現す

表3　様相概念と補助相概念

MDL　13種

CP	Japanese surface samples	English surface samples
XLOOK	そうだ、＊ようだ、らしい	SEEM, LOOK LIKE ING
XSEEM	かのようだ、＊ようだ	SEEM AS IF, APPEAR AS IF
XINFE	だろう、であろう、＊う	WILL, MAY, MIGHT
XPRED	ことは言うまでもない	MUST
XPROP	はずだ、はずである	SHOULD
XGUES	かもしれない、かねない	MAY,MIGHT,COULD
XNEED	なければならない、べきだ	NEED, MUST, HAVE TO
XPROTH	てはならない、べきでない	MUST NOT, SHOULD NOT
XPERM	てよい、＊てください	MAY, CAN, COULD
XRECO	ほうがよい、たほうがよい	SHOULD, BETTER, HAD BETTE
XADVI	とよい、のがよい、ばよい	SHOULD
XSUFF	ば十分だ、さえすればよい	ONLY HAVE TO
XCONCLU	のである、＊ことになる	0

CSHC　48種

CP	Japanese surface samples	Englush surface samples
XTEND	がちだ、＊やすい	TEND TO, BE APT TO
XESTIM	にたる、価値がある	BE WORTHY OF, DESERVE
XPOSS	＊られる、える、うる	CAN, BE ABLE TO, COULD
XINVI	＊よう、＊う	let's
XCAUS	せる、させる、＊ようにする	MAKE, HAVE, GET, let's
XBENE	てもらう、でもらう	HAVE
XPLAN	＊ことにしている、考えだ	INTEND, PLAN
XWILL	＊よう、てみせる、＊まい	WILL
XWISH	たい、てほしい、でほしい	WANT, WISH, DESIRE, HOPE
XNECE	ないではいられない	CANNOT BUT, C.F.CANNOT
XPASS	＊られる、＊れる	BE-ed
XPOLI	＊られる、＊れる	0
XREPOR	そうだ、ということだ（末）	It is set, that
XHONO	てさしあげる、てあげる	
SOME^OF^	ことがある、こともある	
FREQ	ことはある、場合がある	SOMETIMES
MANY^OF	ことが多い、ことも多い	
FREQ	場合が多い、場合も多い	OFTEN

ALL^OF^	てばかりいる	
CONSI	でばかりいる	ALWAYS
NO^OF^	ことがない、ことはない	
FREQ	たことがない	
XONLY	にすぎない、にとどまる	
	（の）でしかない、ばかりだ	ONLY
XEXCES	すぎる	TOO MUCH
XENOUGH	たりる、たりない	ENOUGH
XAGAIN	なおす	AGAIN
XBACK	かえす	BACK
XVERY	かえる、てしかたがない	VERY
XDIFF	＊にくい、がたい、づらい	HARD
XEASE	＊やすい、よい	EASY
XINTE	＊うとする、うとさえする	
	＊ようにする ＊ようとする	ATTEMPT
XPULE	＊ことにしている、たものだ	MAKE IT A RULE TO,
	＊ようにしている	USE TO
XPULED	＊ようになってる	
XDECIDE	＊ことにする	DECIDE
XDECIDE	＊ことになる	BE DECIDED
XREGARD	＊ことにする	
	＊ことになっている	REGARD
XREGARD^	＊つもりだ、つもりである	
ED		BE REGARD TO
XBETO	＊ようになっている	BE TO
XSHOW	＊てみせる	
XSUPPOSE	＊ことにする	SUPPOSE
XTRY	てみる、でみる	TRY-ING
XUNWILL-		
ING	しぶる	BE UNWILLING
XEAGER	たがる	BE EAGER TO
XFORGET	忘れる	FORGET
XFAIL	そびれる、そこなう、のがす	FAIL
XCHAN	となる、になる、ようになる	BECOME, GET
XACCUS-		
TOMED	なれる、つける	BE ACCUSTOMED TO -ING
XMISTAKE	違える、間違う、まちがえる	MISTAKE
XFEEL	がる	
XREQ	てくれ、でくれ、	
XEACH^		
OTHER	あう	EACH OTHER
XNULL	する、を行う	
XDARE	（あえて）	DARE

ることととした。下位関係概念は恒常的に設計・定義し追加・変更を行い得るが、上位関係概念は原則的に変更不能とした。これにより、統配合を下位関係にのみ押えながら、発見される新しい関係記述に関する意味を取り入れ、拡張することができた。。

また、補助概念はそれに対応する日本語表層表現が叙述補助部（助動詞）におおく現れることより、日本語叙述部を網羅的に収集・分析し、それに基づいて各概念の設計・開発を行った。他方、英語に於ける対応表層表現を動詞、副詞、助動詞を対象として網羅的に調べることによって、最終的に語彙を決定した。この開発において、補助概念もそれが明確な内部意味構造を持つ事が容易に推定できた。そうした、補助概念の構造指定機能も同概念ＣＰが中間言語中で自立概念ＣＰと同一な扱いができることにより、無理なく中間言語に親和させることができた。

現在も保守改良を行っており、中心は依然自立概念、下位関係概念に関してである。自立概念は新たな単語表現が新たな意味をもたらすときに、新たに中間言語に語彙を追加するという作業と、それに先立つ単語表現の意味を担うＣＰがすでにあるかどうかの判断を行う作業を含む。この手法と問題点については本予稿集中の「他言語間機械翻訳用辞書の開発手法」にて論じる。下位関係概念は、関係概念ＣＰの細分を担っており、その統配合に関しては、日常的な管理を必要としている。

これらの管理はシステムエンジニアによって行っている。しかし、翻訳システム利用者が辞書登録を行う際にはＣＰ管理作業が発生する。そこで、利用者が登録する単語の意味は自立概念に分類される物のみとし、辞書登録の影響をユーザ専用辞書のみに反映させることにしている。それによって、利用者を煩雑且つ一般利用者には実行が困難なＣＰ管理から解放している。

他方、この枠組はスペイン語、韓国語、フランス語について適用検証をしている。その過程で、いくつかの改案が必要になっている。ただし、自立概念、関係概念、補助概念に関しては既存の物に手を加える必要を感じてない。

本稿では、中間言語の４種の語彙の内、制御属性を除く自立、関係、補助の３種の概念ＣＰを具体的に与えた。これらを利用して翻訳システムを構築するためには、１）制御属性、２）書式の詳細な意味記述が必要である。これらに関しては別の機会に報告する。

また、中間言語ＰＩＶＯＴが多言語間翻訳システムを真に支えられる枠組みであるかどうかについては、今しばらくの研究と検証が必要である。ＣＩＣＣプロジェクト、ＥＤＲプロジェクトでもたらされる中間言語ないし概念記述言語の成果報告をも利用して、検証を行なっていきたい。

表4　時相概念

TEMPORAL　4種

CP	Japanese sample	English sample
XBEGIN XABOUT XCONT2 XFINISH	始める、始まる、 かかる、かける、 続ける、とおす 終わる、きる	BEGIN, START BE ABOUT TO, CONTINUE FINISH

ASPECT　5種

CP	Japanese sample	English sample
PROG PERF STAT CONTI PSTAT	つつある、なかだ ている、てある ている、ておる ていく、ゆく ＊た	BE + ING HAVE + EN

TIME　3種

CP	Japanese sample	English sample
PAST PRES FUTU	＊た	(past tense) (present) (future)

[参考文献]

１）村木、「知識ベースと言語に独立の中間表現とを用いた日英機械翻訳システム」、日経エレクトロニクス1984,DEC.

２）Muraki、「Augmented dependency grammar for language comprehension」、Second European AI Conference,1986,FEB.

３）岡田、他「自然語および図形解釈のための単純事象概念の分析及び分類」、信学論Ｄ、1973、OCT.

４）岡田、他「自然語および図形解釈のための非単純事象概念の分析及び分類」、信学論Ｄ、1973、OCT.