（『国語学』178集　1994・9・30）

伝統文法と生成文法の接点

タイプつきユニフィケーション文法による音調情報を含む文法の形式化

吉本　啓

キーワード：タイプつきユニフィケーション文法、日本語、音調、Head-driven Phrase Structure Grammar、bracketing paradox

要　旨

タイプつきユニフィケーション（TUG）を用いて、文字表層の他に音調を含む音韻表層を解析・生成できる日本語文法の枠組みを提案する。言語のさまざまなレベルに左右される日本語の音調を扱うには文法の高度のモジュール化を許すTUGが有効である。意味を反映する統辞構造であるc-構造の他に文節にもとづくa-構造を提案し、これら互いに独立した、余剰な情報を持たない二つの統辞論的モジュールが情報を伝えあうことによって表層の音韻情報が構築される過程を説明する。

1　導入

タイプつきユニフィケーション文法（以下、TUG；Aït-Kaci　1986）の概念を用いた形式的言語理論であるHead-driven Phrase Structure Grammar（HPSG；Pollard and Sag 1987）を用いて、音調を含む音韻表層を解析・生成できる日本語文法の枠組みを提案する。

日本語の音調は音韻論ばかりでなく語彙記述、形態論、統辞論、および語用論といった言語のさまざまなレベルに左右され、言語情報を分離・モジュール化し、しかもその相互交渉を効率的に規定するという問題がどこまで克服されているかを測るための格好の試金石となる。本報告では全ての言語規則を素性構造と結び付けられたタイプ、およびタイプ間の多重インヘリタンスとして表すことによって言語記述の高度のモジュール性を可能にするTUGの枠組に従い、各言語レベルにおける過不足のない記述を統合して文の音調を得ることが可能であることを示す。

音調情報を規定するために必要な統辞構造として、従来のユニフィケーション文法（以下、UG）で用いられ意味を反映するc-構造と、これによって把えられない音韻情報を反映する、文節にもとづくa-構造とからなる二重の統辞規則のモジュールを提案する。前者はほぼ時枝文法に、後者は橋本文法に相当し、ここで提案する文法は両者を兼ね備えている

ことになる。a-構造の基本構成要素として、アクセントを担う最小単位である文節を扱う。また a-構造によって、文節により構成される中間句 (intermediate phrase) 中でのアクセント核以降のピッチの抑圧 (Poser 1984) が説明される。しかし、音調情報を得るために利用されるのは a-構造だけではない。c-構造もまた、名詞修飾語が 2 個以上ある場合、係り先の違いによって第二番目以降の修飾語のピッチに差異が生じる現象 (Kubozono 1987) を説明するために用いられる。こうして a-構造と c-構造は相補って日本語の発話の音調を理解・生成するために利用される。

タイプつきユニフィケーション文法の枠組によって、a-構造、c-構造という二つのモジュールは互いに独立した素性構造として表される。両者は互いに他に還元されず、また情報を伝えあう。これらの情報が段階的に適用されることによって音調情報を含む音韻構造が構成される。これによって、音調などに関する文法情報を各レベルに最低限規定すればよいという利点が得られる。

2 タイプつきユニフィケーション文法とは

このセクションでは、本研究で使っている TUG の基本的概念について説明する。TUG は生成文法の考えにもとづく UG の一種である。まず、これについて説明する。

生成文法はいうまでもなく Chomsky によって提唱されたもので、話し手・聞き手の言語知識を明示的に形式化することを目的としている。人間の言語理解・生成を計算によってモデル化したり、人間の脳内で実際にそのような計算が行われていると主張する立場からは生成文法は利用しやすい理論のように当初思われた。しかし実際には変形を用いる Chomsky の手法では計算量が膨大なものになること、また Chomsky が退けた、計算量の少なくて済む文脈自由文法（または、それよりやや計算量の多い文脈依存文法）で少なくともほとんどの構文が扱えることが分かり、後者が脚光を浴びることになった。UG は文脈自由文法または文脈依存文法を基礎としながら、これに素性構造を付加することによって成立した言語理論である。

UG は元来計算機による言語処理を意識して成立したことから、文法の明示性を極限まで追究したことに最大の特徴がある。伝統文法や Chomsky 理論を言語処理に応用しようとするとほとんどつねに、規則が曖昧であったり文法中の他の規則と矛盾するためにそのままでは応用できないことに気付く。UG は相当数の文を解析・生成出来るように規則を文法の中で首尾一貫するよう保つこと、そのためにはどのような規則がどこで適用されるかについてできるだけ明示的にすることに努めてきた。UG が他の文法よりも優れているのはこの点においてである。UG は次の特徴をもつ。

(1) 文法規則はすべて、句構造書換え規則 (例えば S → NP VP) と、書換え規則の中の項 (例えば S や NP、VP) の相互の関係を規定する素性構造とから成り立つ。

(2) 句構造は文の表層に近い構造を表し、他に意味構造によって文の意味を表す。両者は明示的な規則によって結ばれる。

(3) 変形を使わない。句構造と意味構造とは変形でなく、素性構造の構成に用いられる

ユニフィケーションによって媒介されている。

TUG は UG とタイプ推論という、自然言語処理および人工知能の分野で別々に研究されてきた2つの技術の長所を組み合わせて用いることを可能にした。タイプ推論を採用したことの最大の利点は、オブジェクト指向の手法を言語学者が初めて利用できるようになったことにある。これにより、言語知識を高度に抽象的な規定のモジュールの組み合せとして記述することが可能になった。必要な規定は一度のみ書けばよく、無駄な繰り返しを避けることにより記述作業の冗長さや誤りを防ぐことが出来る。また何よりも、抽象的・直観的な規定から始めて漸次具体化していくという、人の本来の思考プロセスに沿った文法開発を可能にする。

TUG の文法規定はタイプと、それと結び付けられた素性構造から構成される。タイプは包含関係にもとづく階層（束）をなす。知識ベース（文法・辞書）中に蓄えられたタイプについて、より上位のものが下位のものに書き換えられる。その際、タイプに結び付けられた素性構造のユニフィケーションが試みられる。このタイプ書換えおよびユニフィケーションがあらゆる言語解析・生成の基本となる。

TUG を採用する今のところ唯一の形式文法理論が HPSG である。HPSG は $\bar{X}$-理論を採用したことによってごく少数の句構造規則を持ち、これとその中にあらわれる項の関係を規定する数個の原則とが統辞理論的規則の全てである。これを根幹として、他に必要な情報は全て各単語に属する情報として、語義記述中に書き込まれる。HPSG によって、統辞論者が問題にしてきた構文のほとんどが扱えることが知られている。

3 タイプつきユニフィケーション文法による音調の扱い

文の音調情報を基本周波数の高さとして近似することを目標として、そのために必要な情報をいかにして得るかについて説明する。

3.1 アクセント

アクセント句（文節）は1個の基本辞（名詞、副詞、動詞・形容詞語幹）およびそれに後接する0個以上の機能辞(助詞、動詞、形容詞活用語尾、助動詞の語幹および活用語尾)からなる。機能辞はそれよりも左側の句のアクセント情報を項とする一項関数の役割をし，この関数を再帰的に適用していくことによりどんな句でも全体のアクセント情報が得られることが知られている。

機能辞とその左側の語列のアクセント情報から全体のアクセント情報を得る規則をタイプつき素性構造として表す。この規則は全部で10個ある。例えば、「ダケ」のように機能辞の持っている情報だけによって全体のアクセントが決定される（この場合平板式）場合には次の **SUFFIX-DOMINANT-1** が適用される（表記法は Emele and Zajac 1990 による)。

1. SUFFIX-DOMINANT-1＝［suffix-acc： #sa＝ACCVAL,
whole-acc： #sa］.

1は全体の句のアクセント情報を表す素性名 **whole-acc** の値は機能辞の持つアクセント

情報である **suffix-acc** の値と一致しなければならないことを表す。これは2つの値が同一のタグ **# sa** となっていることにより示される。なお、この値はタイプ **ACCVAL** でなければならないが、これは0または自然数でなければならないことを表す。0は無アクセント(平板式)であることを、自然数は有アクセントにおいて最初から何番目の拍にアクセントが来るかを表す。助詞「ダケ」の場合は、その語義記述において **suffix-acc** の値は **0** にセットされている。例として「イヌノダケ」について見れば、「イヌノ」に対し動詞「ダケ」が並接される時に **SUFFIX-DOMINANT-1** も実行されて、全体のアクセントが決定される。その結果、「イヌノダケ」のアクセントが平板式であることは次のように与えられる。

2. [form: [phon: [segm: 〈inu no dake〉,
acc: 0]]]

上の例のように機能辞が独立した単語である場合は統辞論規則の適用時に、機能辞が活用語尾である場合は動詞・形容詞の語幹に対し適切な語尾を選んで並接するタイプ規定である **V-LEX-RULE** が実行される時に、機能辞のアクセント情報も評価されて句全体のアクセント情報が決定される。いずれにせよ、機能辞の有しうるアクセント情報の規定は1のような形で一度だけ与えればよい。

3.2 中間句とカタシーシス

カタシーシス (catathesis) とはアクセントを有する拍の後で、アクセントを目立たせるために一定区間にわたってピッチが下がる現象である (Poser 1984)。この区間は「中間句 (intermediate phrase)」と呼ばれ、文より狭いことが知られている。本論文では次の単純な統辞論的基準のみによって中間句が定義されるものと想定しておく。

(1) 無主題文は単一の中間句を構成する。(2) 主題文の場合は、主題と残りの句とが各々一つの中間句を構成する。

中間句は本論文の文法では、発話を表す素性構造中の素性名のパス **form|phon|acc-phs** の値として表される。これは基本的には中間句を構成する各アクセント句の音韻論的情報を並接したものである。

中間句の中では、アクセントを有する拍があらわれる度にピッチが下げられる。Pierrehumbert and Beckman (1988) (以下、P&B) に従って、基本周波数を計算する基準として基本周波数の上限を考え、カタシーシスが起こるたびにそれに定数 **c**(<1)が掛けられるものとする。すなわち、中間句を形成する時に同時に実行される **CATATHESIS-RULE** によって、直前のアクセント句が無アクセント (**form|phon|acc** の値が0) ならその句の **form|phon|register** の値 (レジスタ値と略す) はそのまま当該の句のレジスタ値とされ、直前のアクセント句が有アクセント (レジスタ値が自然数) ならその句のレジスタ値に **c** を掛けたものが当該のアクセント句のレジスタ値とされる (図1)。

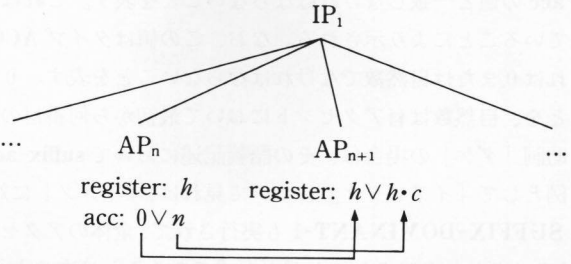

図 1: カタシーシスの適用

3 a. [あおい [おおきな メロン]]

b. [あおい レモン] のにおい]

4. $r_n = r_{n-1} + (d_n - d_{n-1})$

5. $p = t \cdot (h - r) + r$

6. ACC-PHRASE =
[form: [phon: [register: #r,
relative-depth: #d,
boost: #b,
pitch: #p]]]
:- GET-BOOST[relative-depth: #d,
constant: b,
result: #b],
MULTIPLY[arg-1: #r,
arg-2: #b,
result: #t],
GET-PITCH[trans-value: #t,
pitch: #p].

3.3 名詞修飾構造とメトリカル・ブースト

Kubozono (1987) が明かにしたように、名詞修飾句が 2 つ存在する時、2 番目の修飾句が名詞を直接修飾する場合 (3 a) と 2 番目の修飾句がまず最初の修飾句によって修飾される場合(3 b) と比べると、前者の方が後者よりピークの部分が高くなる。この現象は、a のタイプの修飾関係において被修飾句と一まとまりをなす 2 番目の句と最初の修飾句との違いを強調するためにピッチが上げられるのだと説明される。

この'metrical boost'を扱うために、修飾句を主要句に並接するための原則である**ADJ-P** の適用のたびに 1 つずつ値が増える素性 **depth** を導入し、これを利用して文の最初の語からの相対的な深さを **relative-depth** により表す。**relative-depth** の値は式 4 によって得る。ただし、当該の語の **depth** の値を d_n, **relative-depth** の値を r_n,その直前の語の **depth** の値を d_{n-1}, **relative-depth** の値を r_{n-1} とする。最初の語の **relative-depth** の値はゼロにセットしておく。

規定 6 ではこうして得られた **relative-depth** の値**#d** と定数 **b** とにもとづいて、タイプ規定の **GET-BOOST** がメトリカル・ブーストの結果を **boost** の値**#b** として与える。3.2 で

述べたカタシーシスはこれに対して適用される。すなわち、カタシーシスの有無によって与えられる **register** の値**#r** と **boost** の値**#b** がタイプ **MULTIPLY** により掛けられたものがピッチを表す値**#t** である。ここで、ピッチの値は P&B の'transformed value' を用いて抽象的に示す。その値を t、上限（upperlimit）の値を h、基準線（neutral f_0）を r とすると、実際の基本周波数は 5 の式により p（素性 **pitch** の値**#p**）として与えられる。この計算を行なうのはタイプ規定 **GET-PITCH** である。

以上の計算を統合するのがタイプ規定 **ACC-PHRASE** である。生理的制約にもとづく音の低下である downtrend およびイントネーションの降下・上昇は省略している。素性 **pitch** は正確には音声学的情報だが、ここでは簡単化のため音韻論に属するものとして扱う。**relative-depth** および **boost** は c-構造の中で得られる制約だが、文法中の規定により a-構造中の各アクセント句へと伝播する。

次ページの図 2 で、音調に関する異なる源からの情報が統合されて各アクセント句の transformed value の値として得られる仕組みを示す。

4　階層的な音調規定

図 2 の音調規定は基本的な情報を与えるものにすぎず、これから発話全体の基本周波数を得るにはさらにいくつかの情報を付加しなければならない。殊にアクセント句および文のレベルでの境界音調の挿入は重要である。アクセント句を形成する際、各アクセント句の終わりに、終端を表示する低音調（**L%**）が挿入される。文のレベルでは、質問文の場合に終端部分の上昇を表す **H%**が挿入される。

発語 7 に対応する階層的な音韻規定を次々ページの図 3 に示す。

7.　青い大きなメロンはこれですか？

末端のノードは語彙情報を表している。例えば、最初の'ao' の下に 2 としてあるのは、最初から 2 番目の拍にアクセント核を有することを簡略的に表す。

図 3 に示すように、これと、形容詞の活用語尾「イ」およびそれに結びつけられた機能辞としてのアクセント情報（この場合、タイプ **BASE-DOMINANT**）とからアクセント句 AP_1 の音韻情報が得られる。これをタグ**#ap 1** として示す。

アクセント句 AP_1, AP_2, AP_3からその音韻情報のみをリストすることによって中間句 IP_1 が、また AP_4 から IP_2 が中間句形成規則によって作られる。中間句 IP_1, IP_2 の音韻情報をタグ**#ip 1, #ip 2** で表す。アクセント句の場合と同様に、中間句 IP_1, IP_2 の音韻情報から発話全体の音韻情報が得られる。これを図 3 の木の最上部に示す。同時にこのレベルで、文の初頭と終端の境界音調を挿入する。図ではカタシーシスおよびメトリカル・ブーストの結果は省略した。

本論文では P&B の、比較的疎らな音調情報のみを規定し、それらをつなぐことによって発話全体の音調をモデル化する手法に依っている。両者によって、上記の目的のためには上の意味で疎らな情報で十分であり、Autosegmental theory のように全ての拍にまず高低の音調を与えようとすると誤りを生じることが明かにされている。

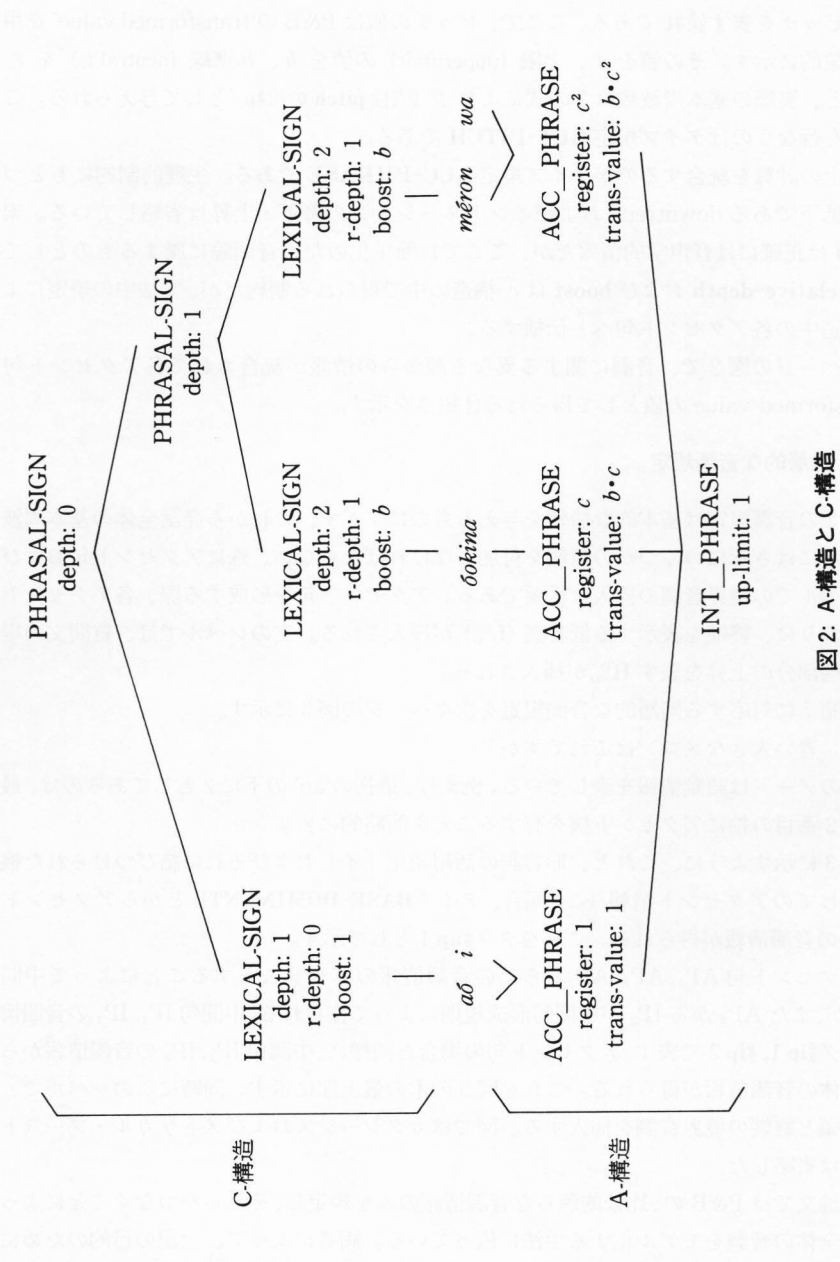
PHRASAL-SIGN
depth: 0
PHRASAL-SIGN
depth: 1
LEXICAL-SIGN
depth: 2
r-depth: 1
boost: b
mêron
wa
ACC_PHRASE
register: c²
trans-value: b•c²
LEXICAL-SIGN
depth: 2
r-depth: 1
boost: b
óokina
ACC_PHRASE
register: c
trans-value: b•c
LEXICAL-SIGN
depth: 1
r-depth: 0
boost: 1
aó i
ACC_PHRASE
register: 1
trans-value: 1
INT_PHRASE
up-limit: 1
C-構造
A-構造

図 2: A-構造と C-構造

発話:

[form: [phon: < [beginning: L%]

[acc-phs: # ip 1 = <# ap 1 = [segm: <"ao" "i">, acc: 2, trans-value: 1, final: L%]

ap2 = [segm: <"ookina">, acc: 1, trans-value: b・c, final: L%]]

ap3 = [segm: <"meron" "wa">, acc: 1, trans-value: b・c・c, final: L%]>]

[acc-phs: # ip 2 = <# ap 4 = [segm: <"kore" "de" "su" "ka">, acc: 3, trans-value: 1, final: L%]

[final: H%]>]

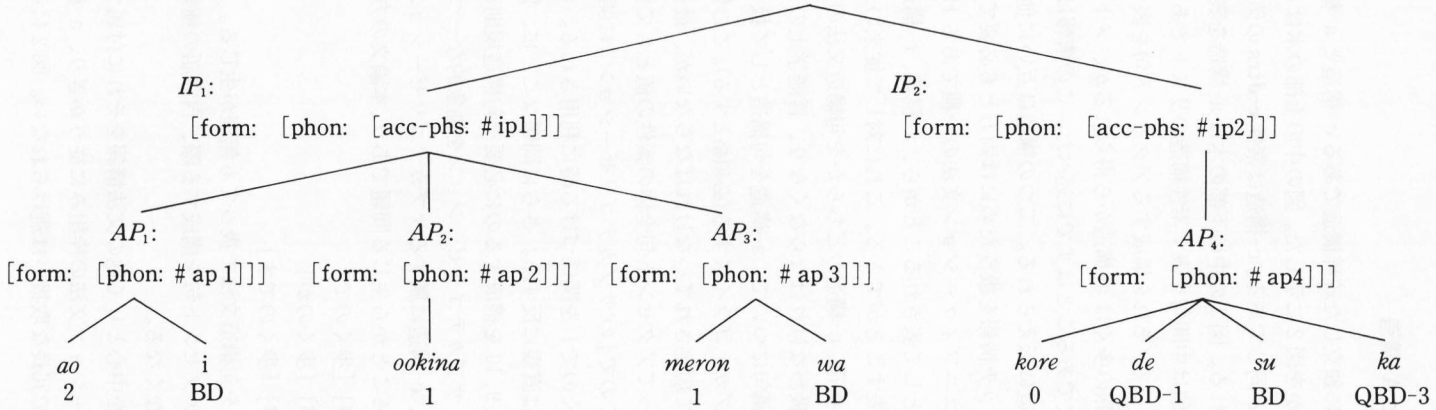

図 3: 発話 7 の音調情報

5 C-構造と A-構造

2つの互いに独立した統辞構造であるc-構造とa-構造の制約によってピッチの値がいかに得られるかを図2に示した。図の中の上部の木はc-構造を表し、他の多くの文法で用いられるものと同じである。c-構造は素性**c-dtrs**の値として扱われ、これにもとづいて意味構造が得られる。図2の中の下部の木はa-構造を表し、素性**a-dtrs**の値として扱われる。**a-dtrs**の値は中間句を表す素性構造のリストである。各中間句を表す素性構造はその**a-dtrs**の値として、それを構成するアクセント句を表す素性構造のリストを含んでいる。発話の音韻情報の多くはa-構造から得られるが、メトリカル・ブーストを扱うためにはc-構造も不可欠であることはすでに述べた。この情報はc-構造の素性**boost**の値により与えられ、a-構造に伝えられる。二つの構造は互いに他に還元できず（いわゆる'bracketing paradox'）、ピッチ情報を扱うためには両方とも必要である。

タイプつきユニフィケーション文法の一種であるHPSGでは句構造は他の言語情報と同じ素性構造として表されることから、a-構造、c-構造ともに互いに独立したモジュールとして素性で表すことができる。これに対して従来のタイプ無しユニフィケーション文法の手法ではa-構造、c-構造のどちらかを句構造文法の書換え規則とし、他をそれに付属する素性として扱わなければならなくなり、言語学上の一般性・抽象性は失われる。

まず8の従属句について、a-構造を句構造として扱うことを考える。動詞「歩く」は動物の主語をサブカテゴライズする(必須格とする)。この情報はむろん元来は動詞そのものに語彙記述として規定されていなければならないが、最初にアクセント句「歩くので」を構成するにあたってアクセント句全体の素性の値として伝達しなければならない。このアクセント句「歩くので」の'サブカテゴリゼーション'に関わる情報は2つのアクセント句「花子が」と「歩くので」を関係づける時に利用される。むろんこのようなサブカテゴリゼーションの扱いは直観に反する。さらに問題なことに、例9、10の従属句についても以上と類似の規定を、9、10を構成するのに必要な句構造規則について別個に行わなければならない。ここでは、サブカテゴリゼーションを抽象的な一つの規定として扱うことができない。以上のことは、c-構造に属するサブカテゴリゼーションに関わる情報を無理矢理文節文法で扱おうとすることから生じる問題であり、本論文の方法を用いれば避けることができる。

8. ［花子が］［歩くので］
9. ［花子が］［歩くのが］
10. ［花子が］［歩くのです］

逆にc-構造を句構造文法で扱っても無理が生じる。自立語に機能辞（助詞や助動詞）を付加して一つのアクセント句を構成する際、自立語の種類に応じて同じ制約を何度も記述しなければならなくなる。

句構造規則を中心として他の文法情報をそれに付属する素性として扱う従来のタイプ無しユニフィケーション文法の枠組みに従うかぎり、a-構造、c-構造のどちらを句構造としても反直観的で冗長な取扱いは避けられない。図2に示したように、相互に独立した2つ

の統辞構造が各々必要な制約を与える本論文の方法ではこれを解決することができる。

なお独立した二つのモジュールを設定するという点で本論文と類似の文法的枠組みを示したものにSadock(1991)のAutolexical Syntaxがあるが、本論文の手法との異同・優劣の検討は他の機会に譲りたい。

6 結　び

日本語の文の音調を、タイプつきユニフィケーション文法を用いて構築するための手法について述べた。言語記述の高度のモジュール性を可能にするタイプつきユニフィケーション文法の枠組に従い、各言語レベルにおける過不足のない記述を統合して文の音調を得ることが可能であることを示した。とりわけ、意味を反映するc-構造と音韻情報を反映するa-構造とからなる二重の統辞規則が互いに補完しあうことにより直観に反したり冗長な文法記述を避けることができる。

テーマ別研究発表会の席上で貴重なご意見をいただいた、コンヴィナー田窪行則・野村剛史両先生を始め参加者の諸氏に感謝します。

参照文献

Aït-Kaci, H., 1986, 'An Algebraic Approach to the Effective Resolution of Type Equations.' *Theoretical Computer Science* 45.

Emele, M. and Zajac, R., 1990, 'Typed Unification Grammars.' COLING-90. Helsinki.

Kubozono, H., 1987, 'The Oganization of Japanese Prosody.' University of Edinburgh Ph. D. Thesis; くろしお出版, 1993.

Pierrehumbert, J. and Beckman, M., 1988, *Japanese Tone Structure*. The MIT Press.

Pollard, C. and Sag, L., 1987, *Information-based Syntax and Semantics*. Vol. 1, CSLI.

Poser, W., 1984, 'The Phonetics and Phonology of Tone and Intonation in Japanese.' MIT Ph. D. Thesis.

Sadock, J., 1991, *Autolexcal Syutax*. The University of Chicago Press.

——NTT 基礎研究所主任研究員——