アロー論理によるアスペクトの解析

東 条 敏†

本稿の目的は自然言語の時間の相 -アスペクト- に対し、個別の言語から独立した論理的意味を与えることである。近年のアスペクトの意味論では、アスペクトは共通のイベント構造に対してその異なる部位にレファランスを与えるものであると説明される。本稿でもまずこの理論を概観するが、その際アスペクトの形式化において常に問題となる用語および概念の混乱を、本稿で扱う範囲で整理・統合する。次に従来の点と区間の論理に代わってアロー論理を導入し、アローを両端が固定されない向きをともなった時間区間であるとしてアスペクトの解析に適用する。アローを含む動的論理はそれ自身既にアローとその端点の関係が含まれる上に、論理の側で順序や包含の関係が表現できるために、従来の述語論理によるアスペクトの形式化に比べてはるかに簡潔な表現が可能である。さらにアローと時点の関係をつけることで、時間的に束縛されていない事象の原型がアスペクトを伴う表現にシフトされる過程を動的な推論規則として説明できる。

キーワード: イベント解析, アスペクト, 時相, アロー論理, 論理推論

Aspectual Information Represented by Arrow Logic

SATOSHI TOJO†

The objective of this paper is to give formal semantics to aspects, independent of individual natural languages. Recent aspect theories explain that aspects are different ways of viewing the common event structure. However, the theories are still informal and not expressed in precise logical formalisms, and in addition, aspectual terms are different from one theory to another. We first survey those theories and give a united view to terms. Thereafter, we propose to adopt *arrow logic* for the representation of aspect, where we regard arrows as the fundamental temporal extent, instead of conventional time points or intervals. We show that the logic could tersely represent various aspects in regard to the relations between the event structure and its references. We also formalize the rules for aspectual shifts from temporally infinite forms to aspectual forms, in logical inferences. Therefore, we not only represent the static representation of aspects, but also show the dynamic processes from an event ontology to aspects.

KeyWords: *Eventuality, Aspect, Arrow Logic*

† 北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科, School of Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

1 はじめに

アスペクト (aspect; 相) とはある一つの事象 (eventuality; イベント) についてのある時間的側面を述べたものである。しかしながら同時にアスペクトとは言語に依存してそのような統語的形態, すなわち進行形や完了形などと言った構文上の屈折・語形変化を指す。本稿で形式化を行うのは, このような固有の言語に依存したアスペクトの形態ではなく, 言語に共通したアスペクトの意味である。アスペクトの概念はどうしても固有の言語の構文と結び付いて定義されているため, 用語が極めて豊富かつ不定である。同じ完了と言っても英語の have + 過去分詞形と日本語のいわゆる「た」という助詞とはその機能・意味に大きな差異がある。したがって形式的にアスペクトの意味を述べるためにはまずこうした用語・概念の整理・統合を行った上で, 改めて各概念の定義を論理的に述べる必要がある。

このような研究では, 近年では数多くのアスペクトの理論がイベント構造の概念によって構築されてきた。すなわち, すべての事象に共通な, アスペクトをとともう前の原始的・抽象的な仮想のイベント構造を考え, アスペクトとはこのイベント構造の異なる部位に視点 (レファランス) を与えることによって生じるものとする説明¹である。本稿のアスペクトの形式化も基本的にはこのイベント構造とレファランスの理論から出発する。

しかしながらこのイベント構造とレファランスを古典的な論理手法によって形式化しようするとき, 以下のような問題が伴う。まず, (1) 時間の実体を導入する際に点と区間を独立に導入すると, アスペクトの定義においては, 点と区間, 点と点, 区間と点の順序関係や重なり方に関して関係式が量産されることになる。次に, (2) アスペクトとは本来それだけで存在しうるものではなく, もともとある事象から派生して導き出されたものである。したがってアスペクトを定義する際にその条件を静的に列挙するだけでは不十分であり, もとにある事象の原始形態からの動的な変化として提示する必要がある。

本稿では言語に共通なアスペクトのセマンティクスを形式化するために, アロー論理 (van Benthem 1994) を導入する。第 3 章で詳述するが, アロー論理とは命題の真偽を云々する際に通常モデルに加えてアローと呼ばれる領域を与える論理である。アロー論理では, アロー自身に向きが内在しているために, (1) の問題でいうところの順序関係に関して記法を節約することができる。さらに動的論理 (dynamic logic) にアローを持ち込むことにより, 動的論理の中の位置 (サイト) と状態移動の概念を時間の点と区間の概念に対応づけることができる。このことは, アスペクトの仕様記述をする際に点と区間の関係が仕様記述言語 (アローを含む動的論理) の側で既に定義されていることを意味し, さらに記述を簡潔にすることができる。本稿では, アスペクトの導出をこのような点と区間の間の制約条件に依存した視点移動として捉え, アスペクトの付加を制約論理プログラミングの規則の形式で記述する。したがって (2) の問題

1 (Moens and Steedman 1988; Gunji 1992; Kamp and Reyle 1993; Blackburn, Garden, and de Rijke 1996; Terenziani 1993) 他多数。個々の理論については第 2 節で詳述する。

でいうところの動的な過程は、論理プログラミングの規則の実行過程として表現される。

本稿は以下の構成をとる。まず第 2 章では、言語学におけるアスペクトの分類と形式化を行い、先に述べた用語と概念の混乱を整理する。次にイベント構造とレファランスに関わる理論について成果をサーベイする。次に第 3 章では、アロー論理を導入する。この章では、引き続いて、われわれの時間形式化に関する動機がアロー論理のことでどのように述べられるかも検討する。すなわち、アローを向きをともなった区間とみなし、アスペクトの導出規則の仕様を定める。続く第 4 章では、この仕様を完了や進行などさまざまなアスペクトに適用し、それらに関する導出規則を定義する。第 5 章では、導出規則におけるアスペクトの付加についてその有用性と応用可能性を検討し、本研究の意義をまとめる。

2 言語学的背景

アスペクトのクラス (aspectual class あるいは独語 *Aktionsart*) とは、さまざまな事象の内部の時間構造およびその意味を示すものである。この節では、まず従来のアスペクトのクラスについてサーベイし、続いてその分類の根拠を説明するイベント構造とレファランスの概念を紹介する。

2.1 アスペクトのクラス

事象のアスペクト分類においてはしばしば用語の混乱が見られ、ある特定の用語が複数の異なる意味に対して用いられることもしばしばである。このような用語の混乱はとりも直さずアスペクトの形式化が不十分なためであり、概念を規定する定義が曖昧になっているためである。本稿ではこのような混乱を避けるために (Comrie 1976) で用いられた用語を出発点とし、それらを論理のことで置き替えていくことにする。

アスペクトのクラスの分類に際しては、いくつかの分類基準を用意し、それらをオプションとしてどのように取るかで分類木を作るのが常道である。ここではまずこのような対立するオプションの概念をまとめる。²

完結的と非完結的 完結相 (perfective)³、あるいは事象が完結的であるとはいわゆる完了相 (perfect) とは大きく異なり、事象の内的時間構造に言及せず全体を一まとまりとして見た見方である。これに対して完了相とは後節に述べるように過去の状況に対する現在という視点からの言及である。事象が完結的でないとき (imperfective) は、事象の内部の時間構造に言及することを意味する。

² アスペクト名とアスペクトの分類基準となるオプションの間に呼称の混乱が起きないように、本稿ではアスペクト名は「- 相」とし、アスペクトのオプション名はもとが英語の形容詞であることに鑑み、「- 的」とする。

³ 'perfective' の日本語訳には (町田 1989) による完結相と (工藤 1995) による完成相があるが、「完成」という語は後に述べる Accomplishment と結び付けて 'telic' の訳語に用いることとし、本稿では完結相とした。また「完了相」は従来どおり 'perfect' に用いることとする。

点的と持続的 ある事象が時間軸上、点的 (punctual) に起きたという場合、それは物理的な時間の長さが瞬時であるということであり、事象全体を一まとまりにして見たという意味の完結相と区別される。同様に事象が持続的 (durative) であるとは、その事象の物理的な時間がある一定の長さあるということを意味する。

進行的 非完結相の下位分類としてはさまざまなアスペクトのクラスがあるが、その典型は進行相 (progressive) である。文法的に進行形と言った場合は、そのような動詞句の形態を指すが、そのこととは別に進行相には固有の意味があり、したがって文法的には進行形でなくても、その意味するアスペクトのクラスが進行的であることもありうる。

達成的 ある事象が達成的である (culminating) とは、その事象が終了する時点が陽に示されていることを意味する。例えば「円を描く」という事象は、描き始めた円が最後閉じるところで終了し、また「100m 走る」という事象も 100m という明確に定義された地点で終了が定義される。ところがただ一般に「走る」だけでは、この事象は達成的ではない (non-culminating)。この事象の終了点を以後、達成点 (culmination point) と呼ぶ。達成的な動作の中で、達成に至るまでの過程も含めたアスペクトを完成相 (telic)、途中過程には言及せず、達成点のみを言及するアスペクトを達成相 (culmination) と呼ぶ。

これまで言語学および哲学の分野で多くの研究者が木構造のアスペクトの分類を提案しており、近年では、(Allen 1984; Blackburn et al. 1996; Parsons 1990; Binnick 1991) などにその分類例をみることができる。しかし、アスペクト分類において歴史的にも重要なのは (Vendler 1967) による Activity/ State/ Accomplishment/ Achievement の 4 分類であり、近年の分類もこの Vendler が分類した概念との対応関係に言及した上での改良および精密化を行っている。

Comrie の説明では完結相は内部構造に言及しないという観点で Vendler 分類の Activity に相当し、また達成的な事象は Accomplishment に相当する。(Parsons 1990) は Vendler 分類を再構成し、Accomplishment と Achievement は行為の達成点を含むものとして Event⁴ と呼び、Activity を (終了点を明示できない) Process と名付けている。

アスペクトに関わる諸概念を形式的に定義し直すことは本稿の重要な目的の一つであるが、現段階で形式化する目標となる用語の曖昧性をなくすために、本稿で対象とするオプションの対立を以下にまとめる。

- 静的 (static) と動的 (active) の対立
- 完結的 (perfective) と非完結的 (imperfective) の対立
- 達成的 (culminating) と非達成的 (non-culminating) の対立

これらの対立は図 1 のような木構造の分類を導く。図 1 では完成相 (telic) と達成相 (culmination) がどちらも達成に向かう動作 (culminating) の下位分類として描かれているが、完成相を言うには達成点だけでなく時間を追って進行する部分、すなわち進行相も同時に言及される

⁴ Event は一般的な事象という意味での 'eventuality' と異なり、アスペクトのークラスである。本稿では一般的な事象の意味でのイベントとの混乱を避けるため、Event というクラス名は表 1での対応にとどめ、以後用いない。

必要があるため、完成相は進行相も継承すべきものである。また事象の終了後となる完了相も木構造の中に含めるのは困難である。このように、アスペクトを分類するのに木構造は最良の表現方法ではない。

このため次の第 2.2 節ではイベント構造を用いて各アスペクトを改めて定義し直すことにする。

図 1 オプション対立によるアスペクトのクラスの分類

2.2 イベント構造とレファランス

イベントの時間的構造とは、あらゆる事象に共通に存在すると仮定される時間構造であり、アスペクトなど特定の視点を導入する以前の原始的な事象であると考えられる。逆に言えば、アスペクトとは、この共通の構造に対して、そのどの部位に着目したかという視点を与えたものであると考えられる。以下、イベント構造に関する研究について簡単にまとめる。

(Moens and Steedman 1988) は ‘nucleus’ という概念を導入し、すべての事象は、進行状態 (development state), 達成点 (culmination point), 結果状態 (subsequent state) から構成されるとした。また (Gunji 1992) は、開始点 (starting point), 終了点 (finishing point), 復帰

点 (recovering point) の三つ組 $\langle s, f, r \rangle$ を発案した. (Kamp and Reyle 1993) は, 準備段階 (preparatory phase), 達成点 (culmination point), 結果状態 (result state) からなるスキーマ (schema) という構造を定義している. 同様に (Blackburn et al. 1996) は, BAFs (Back and forth structures), (Terenziani 1993) は, TEE (Temporal Extent of the Eventuality *per se*)/ATE (Attentional Temporal Extent) などの構造を定義している. これらいずれの提案も,

- 進行中かつ未完了の状態,
- 達成点,
- 達成後の状態

という構造が含まれるという点で, 大筋において共通していると思われる. しかしながら達成後の状態については (Parsons 1990) で議論されているとおり, 達成状態のことを指す場合とただ完了の意味を指す場合とがあるため, 本稿でも Parsons に従ってこの二つを分け, イベント構造の構成部品を以下のように導入する.

定義 1 (イベント構造)

動作区間 (*Active phase*): 事象の開始点より達成に至る以前までの時間区間.

達成点 (*Culmination point*): 事象が達成された時点.

維持区間 (*Holding phase*): 達成された状態が維持されている時間区間. 事象によっては, 達成後ただちに事象の前のもとの状態に復帰する場合もあるが, この達成された状態がある時間区間をとまって維持される場合もある. 維持区間とはこの後者の場合の時間区間を指す.

結果区間 (*Resultant phase*): 達成点から後の時間全体.

イベント構造は図 2 のように図示することができる. ここで横軸は時間の進行を意味する. 維持区間の時間的な終了点は結果区間内のどこかになるが, 維持区間の間は達成の時点と同様な状態が維持されるため, 図中では維持区間と達成点を点線で結んでこのことを示した.

図 2 イベント構造

レファランスとは, イベント構造上のある部分に対する着目点 (あるいは着目区間) である. (Kamp and Reyle 1993) では, Vendler 分類 (Accomplishment/ Achievement/ Activity) およ

アスペクト	アスペクトのクラス	レファランスの位置
完結相	Activity/Event	なし
非完結相		動作区間全体
静止相	State	維持区間内
完成相	Accomplishment	動作区間+達成点
達成相	Achievement	達成点
進行相	Process	動作区間内 (達成点を含まない)
完了相		結果区間内 (達成点を含まない)

表 1 アスペクトとイベント構造内のレファランス

び進行相と完了相について、彼らのイベント構造である ‘scheme’ 上に異なるレファランスを定義することによって形式化した。本稿では、定義 1 のイベント構造に対して、同様なレファランスを定義する。本稿ではイベント構造を拡張・精密化したために (Kamp and Reyle 1993) のレファランスの定義に加えて、静止相に対応するレファランスを付加することができる。すなわち、ある静的な状態が存在するためにはそれに先立ってその状態を達成するための動作区間と達成点があったとする。逆に言えば、静止相とはこのようなイベント構造の維持区間にレファランスを与えたものと定義できる。既出の用語をイベント構造とレファランスの関係において表 1 にまとめる。

表 1 は用語をまとめたとは言うものの依然自然言語による非形式的な定義である。第 3 節では論理のことばを導入した上で、これらアスペクトの概念を論理で定義し直すことにする。

3 アロー論理と状況推論

本節ではアロー論理を簡単に紹介し、それをアスペクトの表現に用いる。アロー論理においてはアロー (arrow) と呼ばれるオブジェクトが存在し、それを基本に展開する。各命題の真偽は異なるアローの上で異なる値となる。

3.1 アロー論理概論

本稿で導入するアロー論理は正確に言うと、アロー論理 (Arrow Logic)、動적アロー論理 (Dynamic Arrow Logic)、アローを含む動的命題論理 (Dynamic Logic with Arrows) という、異なるレベルの論理からなる (van Benthem 1994)。本稿ではこの論理の差異が問題となることはなく、アローというオブジェクトが導入されていることと、サイトと状態移動による動的論理の考え方が導入されていることのみが重要であるため、以下これらの論理をまとめて動的アロー論理と呼ぶことにする。

まずアローの集合を考え、アロー間に接合や逆と言った関係を導入する。以下、アローには

$\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}, \dots$ を用いる.

定義 2 (アローフレーム)

A をアローの集合とすると、以下のアロー間の述語を定義する.

$C^3_{\vec{x}, \vec{y}\vec{z}}$ $\vec{x}$ は $\vec{y}$ と $\vec{z}$ の結合である.

$R^2_{\vec{x}, \vec{y}}$ $\vec{y}$ は $\vec{x}$ の逆向きアローである.

(A, C^3, R^2) の組みをアローフレームと呼ぶ.⁵

さて、これより命題に関する真偽を定義 3 に与える. 従来のタルスキー流の論理では、命題 ϕ の真偽に関してモデル M を与え $M \models \phi$ とする. これに比べて、アロー論理では $\models$ の左辺にさらにアローを加え、真となる領域をアロー上に限定する.

定義 3 (真理条件)

モデル M , アロー $\vec{x}$ で ϕ が真のとき、そのときに限り、 $M, \vec{x} \models \phi$.

アローは定義 2 に従い、接続されたり、逆向きを定義できたりする. これらに対しても同様に真理条件を定義 4 にて与える.

定義 4 (オペレーション)

$M, \vec{x} \models \phi \bullet \psi$ iff アロー $\vec{y}$ と $\vec{z}$ が存在して $M, \vec{y} \models \phi$ かつ $M, \vec{z} \models \psi$ であり、かつ $C^3_{\vec{x}, \vec{y}\vec{z}}$.

$M, \vec{x} \models \phi^\vee$ iff アロー $\vec{y}$ に対して $M, \vec{y} \models \phi$ であり、かつ $R^2_{\vec{x}, \vec{y}}$.

ここでさらに一つ、無限オペレータを定義する.

定義 5 (無限オペレータ)

M においてアロー $\vec{x}$ が ϕ を満たすアローの無限列に分解できるとき、 $\phi^* = \phi \bullet \phi \bullet \dots$

として、 $M, \vec{x} \models \phi^*$.

いわゆる動的論理 (Dynamic logic) は、サイト (site) に関する論理とサイト間の移動のアローに関する論理の二層からなる. この考え方は、以下のような状態遷移のモデルに基づく.

$$\begin{array}{ccc} \langle \text{サイト}_1 \rangle & \langle \text{状態遷移} \rangle & \langle \text{サイト}_2 \rangle \\ \phi_1 & \xrightarrow{\pi} & \phi_2 \end{array}$$

動的論理の重要性は、あるサイト (点あるいは位置) での命題の真偽が、アロー (状態遷移) 上での命題の真偽に相互置換できるということである. すなわち、サイト上の論理とアロー上の論理の二層構造において、あるアローにあるサイトを対応づけ、そのアロー上で真偽が定まる命題に対し、それと真偽をともしするサイト上の命題を対応づけることができる.

⁵ (van Benthem 1994) のオリジナルのアロー論理ではアローフレームはアイデンティティアロー $I^1_{\vec{x}}$ を含めた (A, C^3, R^2, I^1) の組みであるが、本稿では動的アロー論理のアイデンティティアローに代えて、アローを含む動的命題論理でのサイトとアローの同一性を導入するため、 $I^1_{\vec{x}}$ は用いない.

このアローとサイトの対応づけについては、次の三種類: $\mathcal{L}$, $\mathcal{R}$ および Δ を導入する. 本稿では, $\dot{u}, \dot{v}, \dot{w}, \dots$ をサイトの記号として用いる.

定義 6 (アローとサイトの対応)

$\mathcal{L}_{\dot{u}, \vec{x}}$ - アロー $\vec{x}$ の左端点に相当するサイトは $\dot{u}$ である.

$\mathcal{R}_{\dot{u}, \vec{x}}$ - アロー $\vec{x}$ の右端点に相当するサイトは $\dot{u}$ である.

$\Delta_{\dot{u}, \vec{x}}$ - アロー $\vec{x}$ 全体をひとつのサイトとみなしてそれを $\dot{u}$ とする.

上記定義において $\Delta_{\dot{u}, \vec{x}}$ は, あるアローとサイトの二層の論理が存在するとき, そのアローとサイトの役割を逆にしたような双対 (dual) な論理が存在することを示唆する.

以上のアローとサイトとその間の対応の関係を考えると, 遷移のアローを時間的経過 (区間), サイトを時間的に点的なイベントの発生とみる理論を作ることが考えられる. また, あるアロー $\vec{x}$ とあるサイト $\dot{u}$ が定義 6 のある対応関係にあるとき,

$$M, \vec{x} \models \phi \text{ iff } M, \dot{u} \models \phi'$$

であるような命題 ϕ と ϕ' が存在する. 第 4 節ではこのような対応関係にある命題に対してアスペクトの定義を行うこととする.

3.2 時間領域としてのアロー

ここでアローとサイトを時間軸上の概念に対応させる. 時間の区間論理 (Dowty 1979) では左端が開いた区間とは開始点が陽に明示されない区間, 右端が開いた区間とは終了点が陽に明示されない区間を意味する. 本稿でも区間論理の概念を踏襲して, アローとは端点が明示されない方向付きの時間域を指すこととする. アローの左端点, あるいはその右端点がそれぞれ定義 6 の $\mathcal{L}, \mathcal{R}$ によって対応づけられ明示できるとき, その端点でアローに相当する区間は閉じていると考えることができる. 例えばあるアローが達成的であるような事象に相当する時区間であれば, この事象は明確な達成点を持つため, その区間の右端は閉じていると考えられる.

仕様 1 (時間領域)

- アローを両端が開いた時間区間とする. アローの向きは状態変移の向きである.
- サイトを時点とする.

時間区間および時点を総称して時間領域と呼ぶ.

時間領域は第 2.2 節で言うところのレファランスに代わって事象への見方を与えるものである. 直観的にアローは時区間でありサイトは時点であることは述べたとおりであるが, この時点は

必ずしも物理的瞬間を意味する点ではなく、心理的に事象の起きている間を一まとめにした点的な見方である。このことは改めて第 4.2 節で説明する。

3.3 状況に依存した推論

これより、アスペクトのオペレータとそれによるアスペクトのシフトを状況理論 (Barwise 1989; Devlin 1991) および情報の理論 (Barwise and Seligman 1997) に基づいて構成する。ここで状況とは一つの事態、すなわち一つの述語構造によってタイプ付けされる一つの事象 (eventuality) を指し、そこで起きている周囲状況や環境ではない。状況理論を用いる理由は、状況とはある一つの事象に基づいて構成されるものでありその事象のタイプによって特徴づけられるとする考え方を基にしたいためである。このことは翻って、同一の状況でも (同一の事象でも) 時間的な見方が異なればそれに応じたアスペクトを伴うタイプを持つべきであると考えられる。本稿では状況に対しては同一のインデックス s を保ちながら、異なる時間的な見方に対しては異なるタイプで特徴づけられるような形式化を目標とする。

仕様 2 (タイプ)

タイプ (*type*) とは自然言語文の意味内容 (*semantic contents*) に相当する。本稿ではギリシャ文字: $\phi, \psi, \dots$ によってタイプを示す。タイプの内部構造は $\ll \gg$ によって示し、その最初の構成要素は関係 (*relation*) と呼び述語概念に相当する。

例えば、 $\ll \text{run, for-one-hour} \gg$ や $\ll \text{is-drawing, a-circle} \gg$ はタイプであり、関係はそれぞれ *run* および *is-drawing* である。

各事象は何らかのタイプを持ち、それ自体でひとつの状況を形成し、固有の時間領域を先験的に持っていると考えられる。よって状況と時間領域を次のように定める。

仕様 3 (状況と時間領域)

ある時間領域 t において状況 s がタイプ ϕ のとき、そのときに限り、 $s, t: \phi$ と記述する。

例えば、 $s, \bar{x}: \ll \text{play, the-piano} \gg$ という表現は、状況 s において時間領域 $\bar{x}$ で誰かがピアノを弾いていることを示す。

ある時間領域 t 上である事象が表現されており、 t とある特定の関係にある別の時間領域 t' があってその上でその事象が異なったふうに表現できるとき、このような表現の変化をアスペクトシフトと呼ぶ。またこのような変化を引き起こす形式的な関数をアスペクトオペレータ、以降単にオペレータと呼ぶ。以下では進行相 (progressive) に相当する *Pr* というオペレータによる語形変化の例を示す。

$$\ll \text{run} \gg \xrightarrow{Pr} \ll \text{is-running} \gg$$

(あるいは $Pr(\ll run \gg) = \ll is-running \gg$).

このシフトの例は、タイプを用いて以下:

$$s, t: \phi \Rightarrow s, t': Pr\phi.$$

のように書くことができる. 上式では同一の状況 s に対する時間的見方のシフトが形式的な規則で述べられているが, t と t' の間の関係が制約条件として付帯することになる. このような形式の推論は状況推論と呼ばれ, その規則を次のように一般化することができる.

$$s_0: \phi_0 \Leftarrow s_1: \phi_1, s_2: \phi_2, \dots \parallel B_g.$$

推論規則はそのまま論理型プログラミング言語で実装することができるように, ボディ部を右に, ヘッド部を左に置いて ' $\Leftarrow$ ' の向きで論理的含意を表示した. ここで ' $\parallel$ ' の後の B_g は制約条件を意味し, 最初にこの推論規則が適用可能であるかどうかを判別する条件として独立に評価される. この規則の真理条件は以下:

$$(s_1: \phi_1 \ \& \ s_2: \phi_2 \ \& \ \dots \rightarrow s_0: \phi_0) \ \& \ B_g,$$

すなわち

$$(s_0: \phi_0 \vee \neg(s_1: \phi_1) \vee \neg(s_2: \phi_2) \vee \dots) \ \& \ B_g$$

のようになる.⁶ 状況推論の規則は制約条件を除いては論理プログラミングの節 (clause) と考えられ, 中で現れる変数は全称的に束縛されるものとする. 一般に推論規則は複数個を連鎖させることができる. 例えば, 以下のような規則:

$$s_0: \phi_0 \Leftarrow s_1: \phi_1 \parallel B_0,$$

$$s_1: \phi_1 \Leftarrow s_2: \phi_2 \parallel B_1.$$

の連鎖は, そのまま論理型プログラミングの実行過程として, 以下のような演繹スキーマ (deduction schema) で表示できる. ここで制約条件は読みやすさのために上段に記載する.

$$\frac{\frac{s_2: \phi_2 \quad B_1}{s_1: \phi_1} \quad B_0}{s_0: \phi_0}$$

4 アスペクトの形式化

本節では, アスペクトのオペレータとアスペクトシフトについて, 事象と時間を結び付けることによって表現する.

⁶ 真理条件において B_g を ' $\rightarrow$ ' の前件に含めてしまうと, B_g が偽であっても含意の式全体が真になる場合があり, これは制約条件であるという要件に適切ではない.

4.1 オペレータとアスペクトシフト

表 1 に従い、以下に本稿で定式化するアスペクトを示す。本稿では (Blackburn et al. 1996) と同様、事象を時間領域から切り離す。したがって、特定の時間とは結びついていない事象の原型を考え、これをイベントのオントロジーと呼ぶ。

定義 7 (オペレータ) e をイベントのオントロジーとする。

オペレータ		アスペクト
$Ac(e)$	(<u>A</u> ctivity)	完結相
$Ip(e)$	(<u>I</u> mp <u>er</u> fective)	非完結相
$Cl(e)$	(<u>C</u> ulmination)	達成相
$St(e)$	(<u>S</u> tative)	静止相
$Pr(e)$	(<u>P</u> rogressive)	進行相
$Tl(e)$	(<u>T</u> elic)	完成相
$Pf(e)$	(<u>P</u> erfect)	完了相

アロー論理によるアスペクト解析の枠組は次の三つ組: $\langle T, \mathcal{E}, \mathcal{A} \rangle$ で表わされる。ここで T は時間領域の集合、 $\mathcal{E}$ はイベントのオントロジーの集合、 $\mathcal{A}$ はオペレータの集合を指す。

$$\begin{aligned}
 T &= \{\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}, \dots, \dot{u}, \dot{v}, \dot{w}, \dots\} \\
 \mathcal{E} &= \{e_1, e_2, e_3, \dots\} \\
 \mathcal{A} &= \{Pr, Pf, Ac, Ip, St, Tl, Cl\}
 \end{aligned}$$

イベントのオントロジーはそれ自体時間を持たず、したがって個々の事象の不定形 (infinitive) であると考えられる。一方、

$$Pr(e_3), Pf(e_1), Tl(e_2), \dots$$

などの表現は時間的に固定されており、 T 中の時間領域と結びつけられていて、仕様 3 のタイプとなり、‘:’ の右辺に来ることができる。オペレータは原始的なイベントのオントロジーのみに適用可能なわけではなく、一般には既にアスペクトをともなったタイプにも再帰的に適用可能である。しかしながら、アスペクトの付加はもともとのタイプとの整合性の問題を生じる。例えばもともと進行形のアスペクトをともなっている $Pr(\phi)$ に対して再度 Pr を適用して $Pr(Pr(\phi))$ なるタイプを作ることは英語のシンタックスでは不可能である。しかし意味的にはそのようなアスペクトの繰り返し適用が可能な場合もあるため、タイプが既にどのようなアスペクトを伴っているかを分類した上でさらなる適用可能性を議論する必要がある。しかしこれは各言語のシンタックスとの関係を踏まえる必要があり、本稿の研究目的の範囲を越えるため、ここでこれ以上の議論は行わない。

4.2 完結相と非完結相

ある状況 s において時間 $\vec{x}$ で事象 ϕ が起こっているとき、すなわち $s, \vec{x}: \phi$ であるとき、この事象 ϕ は両端の開いた時間 $\vec{x}$ の上で非完結相 (imperfective) として見られていることになる。逆に、同じ状況において ‘:’ の左側に点を持つとき、すなわち $s, \dot{u}: \psi$ であるとき、事象は点に圧縮されて見られており、 ψ は完結相 (perfective) となっている。このように時間は事象に心的な見方を与えるが、これは物理時間とは違うことに注意する必要がある。⁷

英語の構文においては、この完結相と非完結相を区別する屈折や派生はない。しかしもし統語的に特定の語形変化がない場合は、特にレファランスを明示しなかったということで、表 1 にしたがって完結相であるとみなすことにする。

規則 1 は事象の非完結的な見方を完結的な見方にシフトするものである。また規則 2 は完結相を非完結相にシフトするものである。

導出規則 1 (完結相)

$$s, \dot{u}: Ac(e) \Leftarrow s, \vec{x}: Ip(e) \parallel \Delta_{\dot{u}, \vec{x}}.$$

導出規則 2 (非完結相)

$$s, \vec{x}: Ip(e) \Leftarrow s, \dot{u}: Ac(e) \parallel \Delta_{\dot{u}, \vec{x}}.$$

規則 1 では、時間 $\vec{x}$ で $Ip(e)$ という表現が成り立つとき、 $\Delta_{\dot{u}, \vec{x}}$ であるような $\dot{u}$ が存在すれば、同じ状況 s でも $Ac(e)$ が e の完結的な見方であることを示している。逆に規則 2 では $Ac(e)$ という表現が与えられたときに、その非完結相な見方 $Ip(e)$ が導かれることを示している。

ここで、規則 2 の $\vec{x}$ は定義 1 の動作区間に対応していると考えられる。表 1 では (Kamp and Reyle 1993) に従い完結相はレファランスなし、非完結相ではレファランスは動作区間全体とした。しかしここでの形式化は両者を結び付けて、ともにレファランスは動作区間全体としながらも、それを圧縮したり広げたりする見方をアローを用いて表現したものである。仕様 1 によればアローは開いた区間に相当する。表 1 によれば進行相も動作区間内の開いた区間であるから、非完結相と進行相の関係を議論する必要があり、これは改めて第 4.3 節で行う。

達成点は動作区間が終了する点、すなわち $s, \vec{x}: Ip(e)$ であるような $\vec{x}$ の終点であると考えることができる。⁸

導出規則 3 (達成相)

$$s, \dot{u}: Cl(e) \Leftarrow s, \vec{x}: Ip(e) \parallel R_{\dot{u}, \vec{x}}.$$

⁷ もし ‘:’ の左側が物理時間であるなら、点とアローの区別は第 2 節で言うところの持続的 (durative) と点的 (punctual) の区別となる。

⁸ アローの終点を終止相・終動相 (terminative/ egressive aspect) として「～し終わる」というアスペクトを表現しているとも考えられるが、本稿では (草薙 1983) に従いこれは「終わる」の完結相とみなし、本来の動詞とは独立の概念であるという立場をとる。同様にアローの始点も開始相・始動相 (inchoative/ ingressive aspect) とは区別して考える。

規則 3では、もし $\mathcal{R}_{\dot{u}, \vec{x}}$ であるような $\dot{u}$ が存在すれば、 $Cl(e)$ は e の達成相を示している。

静止相 (stative aspect) は表 1により、イベント構造の維持区間にレファランスを与えたものである。したがって静止相は達成点を引き延ばしてみた見方に相当する。規則 4 は達成点を維持区間に引き延ばす推論を行う。

導出規則 4 (静止相)

$$s, \vec{y}: St(e) \Leftarrow s, \dot{u}: Cl(e) \parallel \Delta_{\dot{u}, \vec{y}}.$$

規則 4では、時点 $\dot{u}$ 上の $Cl(e)$ に対しても $\Delta_{\dot{u}, \vec{y}}$ であるようなアロー $\vec{y}$ が存在すれば、そのアロー上で $St(e)$ はイベント構造の維持区間を言及することを述べている。

以下に示すのは規則 2, 規則 3, および規則 4を連鎖させて、事象 (完結相) から維持区間を導き出したものである。

$$\frac{\frac{s, \dot{v}: Ac(e) \quad \Delta_{\dot{v}, \vec{x}}}{s, \vec{x}: Ip(e)} \text{ (Rule 2)} \quad \mathcal{R}_{\dot{u}, \vec{x}} \text{ (Rule 3)}}{s, \dot{u}: Cl(e)} \quad \frac{s, \dot{u}: Cl(e) \quad \Delta_{\dot{u}, \vec{y}}}{s, \vec{y}: St(e)} \text{ (Rule 4)}$$

以下、この推論過程を説明する。もし $\vec{x}$ が $\dot{v}$ と同一視されるとき、規則 2 を適用することによって最上段の推論ができる。このとき、もし $\vec{x}$ の終点が存在するならば、それを $\dot{u}$ とするとそれはこの事象の達成点を表現している。最後のステップでは、 $\dot{u}$ に相当するアロー $\vec{y}$ を導入することにより、事象 e は静止相で表現される。

この静止相については、その一様性 (homogeneity) についても言及する必要がある。維持区間においては「事態は変化しない」というのが前提である。すなわち、一つの事態、すなわち一つの述語で記述されるような事態において、その中で状態が変化して再びもとに戻るということは考えにくい。このように両端の事態の同一性をもって内部の一様性を定義することとした。以下の規則はこのことを記述する。

導出規則 5 (一様性)

$$s, \vec{y}: St(e) \Leftarrow s, \vec{x}: St(e) \parallel R^2_{\vec{x}, \vec{y}}.$$

規則 5 によれば、もし $\vec{x}$ 上で $St(e)$ であるならば、同じ $St(e)$ に対して $\vec{x}$ の逆向きアローが存在し、 $\vec{x}$ の両側で状態が変化しないことを主張できる。すなわち、定義 4に従えば、同アロー上で $St(e) = St(e)^\vee$ である。図 3において、事象とその達成点の関係を示す。ここでは $St(e)$ は同一アロー上で示され、同一の状態間での推移が示されている。

4.3 部分行為の連鎖としての進行相

本説では、一つの事象を多数の下位事象に分割することを考える。動的アロー論理の無限オペレータ ϕ^* (定義 5) がこの目的に合致する。最初、定義 2における C^3 を次のように一般化

図 3 完結相と静止相

する。

定義 8 (一般化アロー分割)

$C^n_{\vec{x}, \vec{x}_1 \vec{x}_2 \dots \vec{x}_{n-1}}$, ここで $\vec{x}$ は連続した短いアロー: $\vec{x}_1, \vec{x}_2, \dots, \vec{x}_{n-1}$ の合成である。
未知数のアローの合成については C^* という記法を用いる。

この定義に従って、アロー合成の真理条件は次のように書き換えることができる。

$C^*_{\vec{x}, \vec{x}_1 \vec{x}_2 \dots}$ であるような $\vec{x}_1, \vec{x}_2, \dots$ が存在して $s, \vec{x}_1: \phi$, $s, \vec{x}_2: \phi$, $\dots$ であるとき,
 $s, \vec{x}: \phi^*$.

ここで $\phi^* = \phi \bullet \phi \bullet \dots$ である。この C^* に関して、以下の定義を追加しておく。定義の中で C^* の中に現れる ' $\dots$ ' は任意のアロー列を意味する。

定義 9 (部分アローと前後関係)

$S^2_{\vec{x}, \vec{y}}$ iff $C^*_{\vec{x}, \dots \vec{y} \dots}$ ($\vec{y}$ is a subarrow of $\vec{x}$),
 $P^2_{\vec{x}, \vec{y}}$ iff $C^*_{\dots, \dots \vec{x} \dots \vec{y} \dots}$ ($\vec{x}$ precedes $\vec{y}$).

ここで本節の目的である進行相の形式化を行う。区間論理に基づく進行相の定義は以下のよう
に言い表すことができる (Partee 1984; Dowty 1979).

'be ϕ -ing' in l は、 ϕ が $l \sqsubset l'$ であるような l' で真のとき、そのときに限り真である。

ここで ' $\sqsubset$ ' は部分区間の関係を意味する。この定義を直接アロー論理に言い換えると以下のようになる。

$$(*) \quad s, \vec{y}: Pr(e) \Leftrightarrow s, \vec{x}: Ip(e) \parallel S^2_{\vec{x}, \vec{y}}.$$

ここで $\vec{y}$ は $\vec{x}$ の部分アローである。

しかしこの進行相の定義はすぐに有名な「不完結相のパラドックス (imperfective paradox)」(Partee 1984; Dowty 1979; Blackburn et al. 1996; Glasbey 1996) (他多数) を引き起こす。問題は (*) の両向き矢印 ($\Leftrightarrow$) のうちの右向き ($\Rightarrow$) の推論:

もし 'be ϕ -ing' が l ($\sqsubset l'$) で真であれば、 ϕ も l' で真である。

の妥当性である。例えば “John was running in the field.” と言った場合、何メートルであろうと部分的には走ったという事実は変わらないので “John ran in the field.” が主張できる。ところが、 “John was running a hundred meters,” と言った場合、このランナーは途中で走るのをやめた可能性もあり、必ずしも “John ran a hundred meters.” と言うことはできない。この例文では ‘a hundred meters’ という定量的な表現が含まれているためにその達成点は明示でき、達成的である。同様に、 “John was building the house” から “John built the house” を主張することはできない。建築工事は何かの理由で途中で中止され家は完成しなかった可能性があるからである。このように一般に (*) の右向きの推論は、達成的であるような事象にはあてはまらないことが認められている。

以上の議論より進行相の推論規則は (*) の代わりにその左向き推論の部分のみで定義する。

導出規則 6 (進行相)

$$s, \vec{y}: Pr(e) \Leftarrow s, \vec{x}: Ip(e) \parallel S^2_{\vec{x}, \vec{y}}.$$

この規則 6において $Pr(e)$ は $Ip(e)$ の部分アロー上で成り立つ。表 1 でのイベント構造に対するレファランスでは、非完結相 ($Pr(e)$) も進行相 ($Ip(e)$) もともに動作区間を開いた区間とした見方であるが、ここでの形式化は進行相を非完結相のさらに中の部分であるとしたものである。

達成的でない行為、例えば “John was running in the field” は、全体の行為 ϕ^* の表現もその部分の行為 ϕ の表現も同様に $\ll \text{running, in-the-field} \gg$ となる。すなわち $\phi^* = \phi$ であることが達成的でないことを特徴づけると言うことができる。

以上の議論を踏まえて、完成相 (telic) についての性質をまとめる。達成的性質はどの事象も共通に内在しているわけではなく、特定の事象のクラスの性質を指しており、他のアスペクトとは異なった扱いが必要である。事象が達成的であるためには、表 1にあるように達成の前にその達成プロセスがなければならない。従って完成相 $Tl(e)$ は達成相 (culmination) の特別な場合として、 Cl と Pr を組み合わせて定式化する。

導出規則 7 (完成相)

$$s, \vec{z}: Tl(e) \Leftarrow s, \vec{y}: Pr(e), s, \vec{u}: Cl(e) \parallel R_{\vec{u}, \vec{z}} \& S^2_{\vec{z}, \vec{y}}.$$

以下に $Tl(e)$ の演繹推論の例を示す。

$$\frac{\frac{s, \vec{x}: Ip(e) \quad S^2_{\vec{x}, \vec{y}}}{s, \vec{y}: Pr(e)} \text{ (Rule 6)} \quad \frac{s, \vec{z}: Ip(e) \quad R_{\vec{u}, \vec{z}}}{s, \vec{u}: Cl(e)} \text{ (Rule 3)} \quad R_{\vec{u}, \vec{z}} \& S^2_{\vec{z}, \vec{y}} \text{ (Rule 7)}}{s, \vec{z}: Tl(e)}$$

定義 1にあるように $Pr(e)$ のアスペクトとしての意味は動作区間にレファランスを与えるものであり、それだけでは達成的でないが、英語の進行相の文法的な形態 ‘be ϕ -ing’ は達成的か

どうかに関わらず使われる．したがってわれわれは $Tl(e)$ を $Pr(e)$ からさらにアスペクトシフトしたものと定義した．ここで非完結相のアロー $\vec{x}$ と完成相のアロー $\vec{y}$ が同じ時区間を指すとも考えることも可能である．しかしここでのアローの意味は物理的な時間ではなく、心理的な見方の時間なので定式化においては区別しておく．

図 4 に部分行為の蓄積に従って状況が変化していくようすを示す．ここで $\vec{y}_n$ は、

$$C^{n+1}_{\vec{y}_n, \vec{x}_1 \vec{x}_2 \dots \vec{x}_n}$$

であるような、すなわち、 $\vec{x}_1$ から $\vec{x}_n$ までを合成したアローであるとする．図 4 においては、達成的である事象 $\ll \text{ran } 100m \gg$ が短い距離を積み重ねて 100 メートルになっていくのに対して、 $\ll \text{ran, in-the-field} \gg$ という事象は一貫して変わらないようすを示す．

図 4 完成相と非完成相

完成相についてはその部分的な達成に関する規則を考えることができる．

導出規則 8 (部分的達成相)

$$s, \vec{y}_n : Tl^{(-)}(e) \Leftarrow s, \vec{x} : Tl(e) \parallel C^*_{\vec{x}, \vec{x}_1 \vec{x}_2 \dots} \& C^{n+1}_{\vec{y}_n, \vec{x}_1 \dots \vec{x}_n}.$$

規則 8 においては $\vec{y}_n$ は図 4 に現れるような最初から途中までのアローである．全体の行為 $Tl(e)$ を乗せるアロー $\vec{x}$ が $\vec{x}_1, \vec{x}_2, \dots$ という部分アローに分割でき、そのうちの $\vec{x}_1$ から $\vec{x}_n$ までが $\vec{y}_n$ として合成できるとき、達成的である事象は $\vec{y}$ の上で部分的に達成されるとする．このオペレータの表記は Tl の右肩に ‘(-)’ を付記して表示する．

本節の最後に、繰り返し相 (iterative) について議論する．“The evening star is twinkling.” は単位となる行為 ‘twinkle’ の繰り返しから構成されるため、この状況は短いアローの連鎖:

$$\dots \rightarrow \phi \rightarrow \phi \rightarrow \phi \rightarrow \phi \rightarrow \phi \rightarrow \phi \rightarrow \dots$$

とみなすことができ、行為全体の達成点は明示されない。このように、繰り返し相の内部構造は達成的でない行為によく似たものであると考えることができる。ところが達成的でない: $\ll runnig, in-the-field \gg$ ではその単位となる行為を定義できない。したがって繰り返し相とは達成的でない事象の特別な場合であり、単位となる行為のイメージが特定されるものと考えることができる。

4.4 完了相とテンス

完了相は定義 1にあるように、達成点から後の結果区間にレファランスを与えるものである (Kamp and Reyle 1993). (Reichenbach 1947; Allen 1995) の定式化にあるように、テンス (tense; 時制) とはイベント時と発話時の、アスペクトとはイベント時とレファランス時との相対的位置関係である。定義 1ではイベント時の後に結果区間が来ることにより、Reichenbach の要請を自然に満たしている。

導出規則 9 (完了相)

$$s, \vec{x}: Pf(e) \Leftarrow s, \dot{u}: Cl(e) \parallel \mathcal{L}_{\dot{u}, \vec{x}}.$$

事象 e の達成点 $\dot{u}$ に対して、そこから始まるアロー $\vec{x}$ が存在するとき、 e は $\vec{x}$ 上で完了相であると見ることができる。

完了相の導出は規則 2, 規則 3, および規則 9 を連鎖させて以下のように表現できる。

$$\frac{\frac{s, \dot{v}: Ac(e) \quad \Delta_{\dot{v}, \vec{y}}}{s, \vec{y}: Ip(e)} \quad (\text{Rule 2}) \quad \mathcal{R}_{\dot{u}, \vec{y}} \quad (\text{Rule 3})}{s, \dot{u}: Cl(e)} \quad \mathcal{L}_{\dot{u}, \vec{x}} \quad (\text{Rule 9}) \\ s, \vec{x}: Pf(e)$$

最初 $Ac(e)$ が $\dot{v}$ 上にあるとき、その非完結相 $Ip(e)$ を $\vec{y}$ 上で考える。さらに、その達成点を $\dot{u}$ として、そこから始まるアロー $\vec{x}$ を考え $Pf(e)$ を表現していると考ええる。

図 5 にアロー論理に基づくアスペクトの構成を図示する。図 5 と図 2 を比較すると、もともとのイベント構造: 動作区間, 維持区間, 結果区間, 達成点, がそれぞれ非完結相 ($Ip(e)$), 静止相 ($St(e)$), 完了相 ($Pf(e)$), 達成相 ($Cl(e)$) として忠実に対応づけられていることがわかる。

この節の最後に、テンスに関する形式化をまとめる。 ϕ を事象, $\vec{x}$ をその非完結相のアローとし、さらに「今」に相当するアロー $\vec{n}$ を導入する。ここで $\vec{n}$ は話者にとっての「今」に相当する心的な時間であり、その長さは問題にされない。以下、三つのテンス・オペレータを導入する。

Tense Operator	Tense
$P\phi$	Past
$N\phi$	Present
$F\phi$	Future

図 5 アロー論理に基づくイベント構造

テンスの構成は、次のように行われる。

定義 10 (テンソ)

ある事象 ϕ に対して $s, \vec{x}: \phi$ であるとき、 ϕ は次のようなテンソを伴う。

$$s, \vec{x}: \phi \Leftarrow s, \vec{n}: P\phi \parallel P^2_{\vec{x}, \vec{n}}$$

$$s, \vec{x}: \phi \Leftarrow s, \vec{n}: N\phi \parallel S^2_{\vec{x}, \vec{n}}$$

$$s, \vec{x}: \phi \Leftarrow s, \vec{n}: F\phi \parallel P^2_{\vec{n}, \vec{x}}$$

ここで $\vec{n}$ は ‘now’ に相当する特別なアローである。

定義 10では、過去時制は事象のアロー $\vec{x}$ が $\vec{n}$ に先行し、逆に未来時制では $\vec{n}$ が $\vec{x}$ に先行している。また現在時制では事象のアローが $\vec{n}$ を包含している。これらは従来時間軸上に並べられた点としてのイベント時と発話時との関係をアローに置き換え、前後関係をアロー間の順序関係・包含関係として表現したものであり、アスペクトをともなった事象と同様な形にテンソが表現されることを示している。

5 おわりに

本稿では、アロー論理に基づいてアスペクトの時間構造の形式化を行った。われわれはまず、アスペクトのクラスの分類についての研究成果をサーベイし、イベント構造とレファランスの理論について概要をまとめた。次にアロー論理を導入し、レファランスの代わりに ‘:’ の左側のアローを記述し、イベント構造の代わりにイベントのオントロジーを導入してそれにオペレータが作用する形でアスペクトの理論を再構築した。この結果、アスペクトの条件を記述する際煩わしい条件の列挙、すなわち順序関係や点と区間の関係などをアロー論理の側で吸収することができ、簡潔な記述を可能にした。

本研究での形式化のもう一つの特徴は、時間に対する見方をアスペクトシフトという規則によって行ったことである。これはまだ特定のアスペクトを与えられていない原始的な事象のオントロジーからアスペクトを伴った表現を、与えられた制約条件のもとで推論規則によって導き出すものである。したがって、ここではアスペクトシフトのようすが静的に表現されただけではなく、それが何か別の形態から動的な操作を受けたプロセスとして表現されている。この

動的な推論過程は情報の流れとしても捉えることができる。すなわち、ある命題に対するアスペクトのシフトは新しいアローを創出し、他の命題に対する見方にも同時に影響を与えることになる。

これまで多くの言語学者は、パースペクティブ (perspective) の変化 (Kamp and Reyle 1993; ter Meulen 1995) に基づき、文の列からなる一般の文書の時間構造の問題に取り組んできた。文の列に沿う情報の流れを考えると、最大の難問は文に対するパースペクティブがどのように与えられるかということである。一般的にはアスペクトの意味は、一つはその文法形態から、もう一つは他の文との相対的時間関係から説明されると考えられる。文法形態に関しては、われわれは構文を解析することにより、その形態を決定することができるが、他の文との時間関係は問題であり、表面的な情報からだけでは容易に解決することができない。この典型的な問題は 'when' による従属節をもつ副文である (Moens and Steedman 1988; Terenziani 1993)。複数の文での時間関係の解析は依然困難な問題であるが、本稿の方法は、一つの文におけるアスペクトの意味を制約として捉えたことにより、隣接する文の持つ制約との関係を考えることで、その時間的意味をさらに限定できる可能性を示唆している。

さらに、アロー論理による解析はより広汎な自然言語の応用分野に適用できる可能性があると思われる。本研究の根底には、より詳細な時間情報をハンドリングできるコミュニケーション手段の拡充が意図としてある。具体的には、人工知能システムなどでロボットなどのエージェントにコマンド列を与えるときなど、各コマンドの時間特性が他のコマンドと時間的にどう絡むかを解析する必要がある。このときもし時間特性をアスペクトの制約条件としてプログラムしておくことができれば、時間関係の曖昧さの一部をこの制約条件によって解くことができる。このように本研究は、形式言語学において自然言語のアスペクトの意味を共通に記述する形式化を行うと同時に、工学的応用のためにもアスペクト情報まで組み込んだ時間情報処理システムのプラットフォームを提示するものである。

参考文献

- Allen, J. F. (1984). "Towards a General Theory of Action and Time." *Artificial Intelligence*, 23, 123-154.
- Allen, J. F. (1995). "Natural Language Understanding." The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.
- Barwise, J. (1989). "The Situation in Logic." CSLI Lecture Notes 17.
- Barwise, J., and Seligman, J. (1997). "Information Flow." Cambridge University Press.
- Blackburn, P., Gardent, C., and de Rijke, M. (1996). "On rich ontologies on tense and aspect." In J. Seligman and D. Westerstahl, editors, *Logic, Language, and Computation*, vol. 1. CSLI, Stanford University.

- Binnick, R., I. (1991). "Time and the Verb." Oxford University Press.
- Comrie, B. (1976). "Aspect." Cambridge University Press.
- Devlin, K. (1991). "Logic and Information." Cambridge University Press.
- Dowty, D. (1979). "Word Meaning and Montague Grammar." D. Reidel.
- Glasbey, S. (1996). "Towards a channel-theoretic account of the progressive." In J. Seligman and D. Westerstahl, editors, *Logic, Language, and Computation, vol. 1*. CSLI, Stanford University.
- Gunji, T. (1992). "A Proto-Lexical Analysis of Temporal Properties of Japanese Verbs." In B. S. Park, editor, *Linguistics Studies on Natural Language*, 197–217. Hanshin Publishing.
- Kamp, H., and Reyle, U. (1993). "From Discourse to Logic." Kluwer Academic Publisher's.
- 工藤真由美 (1995). "テンス・アスペクト体系とテキスト." ひつじ書房.
- 草薙裕 (1983). "文法と意味 I - 朝倉日本語新講座 3." 朝倉書店.
- 町田健 (1989). "日本語の時制とアスペクト." アルク社.
- Moens, M., and Steedman, M. (1988). "Temporal Ontology and Temporal Reference." *Computational Linguistics*, 14 (2), 15–28.
- Partee, B. H. (1984). "Nominal and Temporal Anaphora." *Linguistics and Philosophy*, Bb7, 243–286.
- Parsons, T. (1990). "Events in the Semantics of English." MIT press.
- Reichenbach, H. (1947). "Elements of Symbolic Logic." University of California Press, Berkeley.
- Terenziani, P. (1993). "Integrating Linguistic and Pragmatic Temporal Information in Natural Language Understanding: the Case of When Sentences." In *Proceedings of 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence, vol.2*, 1304–1309.
- ter Meulen, A. G. B. (1995). "Representing Time in Natural Language." The MIT Press, Cambridge, MA.
- van Benthem, J. (1994). "A Note on Dynamic Arrow Logic." 15–29. The MIT Press.
- Vendler, Z. (1967). "Verbs and times." *Philosophical Review*, 66, 143–60.

略歴

東条 敏: 1981 年東京大学工学部計数工学科卒業, 1983 年東京大学大学院工学系研究科修了. 同年三菱総合研究所入社. 1986-1988 年, 米国カーネギー・メロン大学機械翻訳センター客員研究員. 1995 年北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科助教授, 2000 年同教授. 1997-1998 年ドイツ・シュトゥットガルト大学客員研究員. 博士 (工学). 自然言語の形式意味論, オーダーソート論理, マルチエージェントの研究に従事, その他人工知能一般に興味を持つ. 情報処理学会, 人工知能学会, ソフトウェア科学会, 言語処理学会, 認知科学会, ACL, Folli 各会員.

(1999 年 1 月 4 日 受付)

(1999 年 10 月 21 日 再受付)

(2000 年 3 月 14 日 再々受付)

(2000 年 6 月 30 日 採録)