自 然 言 語 処 理 154－5
（２００３．３．６）

型付き動的論理(TDL)によるイベント量化の分析

戸次 大介†

概要 型と意味構造をTDLによって定義した範疇文法を提案し、イベントの量化に伴う諸問題が解決することを示す。

Analysis of Quantification over Events based on Typed Dynamic Logic

Daisuke BEKKI‡

Abstract This paper proposes a variation of Categorial Grammar whose types and semantic representations are defined in terms of Typed Dynamic Logic, and demonstrates that it gives a solution to the problems which quantification over events concerns.

1. 序論

1.1. イベント意味論の優位性

文(1a)の意味表現[1]を述語論理で記述する際に、Davidson (1967)に端を発するイベント意味論(Davidsonian Semantics, Event Semantics)では式(1b)とする代わりに式(1c)とする。

(1) a. Brutus stabbed Caesar with a knife in the back.
b. $stabbed(b,c)$
c. $\exists e.\left[stabbed(e)\wedge agent(e,b)\wedge theme(e,c)\right]$

(1b)と(1c)の差は、前者はイベントを参加者の組によって間接的に表すのに対し、後者はイベント自体を直接オブジェクトとして表す点にある。したがって、前者は参加者が同じイベントは区別できないのに対して、後者は区別することができる。この差によって、次のような予測の差が生じることが、Parsons (1990)において示されている。

(2) a. Brutus stabbed Caesar with a knife in the back.
b. Brutus stabbed Caesar with a knife.
c. Brutus stabbed Caesar in the back.
d. Brutus stabbed Caesar.

(3)
$$\begin{array}{ccc} & a & \\ \swarrow & & \searrow \\ b & & c \\ \searrow & & \swarrow \\ & d & \end{array} \qquad b\ and\ c \nvdash a$$

† 科学技術振興事業団さきがけ研究２１「情報と知」領域
／東京大学大学院情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻
‡ PRESTO, Japan Science and Technology Corporation (JST)
／Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo.

[1] 以下、真理条件および演繹を定義できる意味論に限定して議論を進める。

経験的事実としては、a ├b、a ├c、b ├d、c ├d であるが、b and c ├a ではない。すなわち、b かつ c であっても、b と c が別々のイベントの報告であった場合は、a を満たすイベントが存在したとは限らない。
(2)の文に対するイベント意味論の意味表示は(4)であるが、(4)ではまさにその理由で b∧c ├a が成り立たないようになっている。

(4) a. $\exists e.\left[stabbed(e) \wedge agent(e,b) \wedge theme(e,c) \wedge with\_a\_knife(e) \wedge in\_the\_back(e)\right]$
b. $\exists e.\left[stabbed(e) \wedge agent(e,b) \wedge theme(e,c) \wedge with\_a\_knife(e)\right]$
c. $\exists e.\left[stabbed(e) \wedge agent(e,b) \wedge theme(e,c) \wedge in\_the\_back(e)\right]$
d. $\exists e.\left[stabbed(e) \wedge agent(e,b) \wedge theme(e,c)\right]$

これに対して、式(1b)に倣うと意味表示は(5)のようになるが、b∧c ├a が成り立ってしまう。

(5) a. $stabbed(b,c) \wedge with\_a\_knife(b) \wedge in\_the\_back(b)$
b. $stabbed(b,c) \wedge with\_a\_knife(b)$
c. $stabbed(b,c) \wedge in\_the\_back(b)$
d. $stabbed(b,c)$

このように、イベント意味論の優位性は、経験事実によって示されている。それに加えて、イベント意味論ではイベントの明示的な量化を表すことができる。(6a)のような文の真理条件は式(1b)の方式では記述できないが、イベント意味論では(6b)のように記述することが出来る。

(6) a. Brutus stabbed Caesar two times.
b. $2!e.\left[stabbed(e) \wedge agent(e,b) \wedge theme(e,c)\right]$

1.2. 構成性の問題

しかしイベント意味論には、これまであまり論じられていない問題点がある。それは VP modifier の構成性の問題である。例えば、(4c)を、(4d)と”in the back”の意味表現から構成的に計算することができない。なぜならば、”in the back”のような VP modifier の意味表現は一般的に(7)の形で表されるはずであるが、(7)は右辺も左辺も真か偽かであるから、このような関数は四通りしかない。これでは VP modifier の意味表現に四通りしかないことになってしまう。

(7) $\exists e.\left[V(e)\right] \overset{??}{\mapsto} \exists e.\left[V(e) \wedge adv(e)\right]$

これに対する反論として、「存在量化は意味表現の構成後に付加される」という分析もありうる。その場合、VP modifier の意味表現は(8)のように定義することができる。

(8) $\lambda e.\left[V(e)\right] \overset{\lambda V.\lambda e.\left[V(e) \wedge adv(e)\right]}{\longmapsto} \lambda e.\left[V(e) \wedge adv(e)\right]$

この分析を少々検討して、別の問題が起きることを示そう。この分析は動詞句と名詞句を並列的に分析するもので、Abney (1987)による DP 分析に通ずる。

(9) $\lambda x.\left[N(x)\right] \overset{\lambda N.\lambda x.\left[N(x)\wedge adj(x)\right]}{\longmapsto} \lambda x.\left[N(x)\wedge adj(x)\right]$

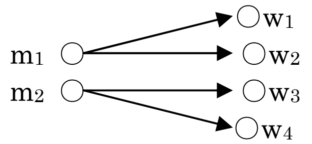
しかし、この方法で文の意味表現を構成すると、文においてイベントの存在量化が常に最も高いスコープを持つことになる。例えば、(10a)の意味表示は(10b)のようになるはずである。

(10) a. Every man loves exactly two women.

b. $\exists e.\left[Every(x)\left[man(x)\right]\left[agent(e,x)\wedge Some(y)\left[woman(y)\right]\left[theme(e,y)\wedge loves(e)\right]\right]\right]$

ところが、(10b)の真理条件は(10a)と異なる。例えば、仮に man が m_1 と m_2 だけだとする。(10a)は以下の状況で真であるが、(10b)は真ではない。

図 1



したがって、現在のほとんどの文法理論は、この問題を回避できない。ただしSchein (1993)の Separation を用いれば上述の問題は起こらないが、Separation による分析には別の問題が存在する。詳しい議論は別の機会に譲りたい。

次章以下、Bekki (2000a)において提案された型付き動的論理(Typed Dynamic Logic: TDL)を用いた範疇文法によって、これらの問題が解決可能であることを示す。

2. TDL に基づく範疇文法

Bekki (2000a)で提案されている TDL は、Eタイプ照応を含む照応の問題(Bekki (2000b))、累積読みを含む量化の問題(Bekki (2000c))といった諸問題を、統一的に解決するための論理言語である。TDL の論理式は、図 2に示すように、三階の型付きλ計算によって定義されている。

図 2 λ計算による TDL の定義

atomic predicate:	$r_{E\times\cdots\times E\Rightarrow T}(x_I,\cdots,z_I)$	$\equiv$	$\lambda G_{(I\Rightarrow E)\Rightarrow T}.\lambda g_{I\Rightarrow E}.Gg\ \&\ r\langle gx,\cdots,gz\rangle$
conjunction:	$\phi_{Prop}\wedge\cdots\wedge\varphi_{Prop}$	$\equiv$	$\lambda G_{(I\Rightarrow E)\Rightarrow T}.(\varphi\cdots(\phi G))$
negation:	$\neg\phi_{Prop}$	$\equiv$	$\lambda G_{(I\Rightarrow E)\Rightarrow T}.\lambda g_{I\Rightarrow E}.Gg\&\sim\exists h_{I\Rightarrow E}.\phi Gh$
distribution:	$\Delta x_I\left[\phi_{Prop}\right]$	$\equiv$	$\lambda G_{(I\Rightarrow E)\Rightarrow T}.\lambda g_{I\Rightarrow E}.\exists d_e.\phi(\lambda h_{I\Rightarrow E}.Gh\ \&\ hx{=}d)g$
unary quantification:	$uq(N_{N\Rightarrow T},x_I)$	$\equiv$	$\lambda G_{(I\Rightarrow E)\Rightarrow T}.\lambda g_{I\Rightarrow E}.Gg\ \&\ N\lvert G/x\rvert$
binary quantification:	$bq(Q_{(E\Rightarrow T)\times(E\Rightarrow T)\Rightarrow T},x_I,y_I)$	$\equiv$	$\lambda G_{(I\Rightarrow E)\Rightarrow T}.\lambda g_{I\Rightarrow E}.Gg\ \&\ Q\langle G/x,G/y\rangle$
copy:	$x_I \trianglerighteq y_I$	$\equiv$	$\lambda G_{(I\Rightarrow E)\Rightarrow T}.\lambda g_{I\Rightarrow E}.Gg\ \&\ \exists h_{I\Rightarrow E}.Gh\ \&\ gy{=}hx$
anaphora:	$\phi_{Prop}\xrightarrow{x_I}\varphi_{Prop}$	$\equiv$	$\lambda G_{(I\Rightarrow E)\Rightarrow T}\left\{\begin{array}{l} if\ G/x=\phi G/x \\ then\ \lambda g_{I\Rightarrow E}.\varphi Gg\ \&\ G/x=\varphi G/x \\ otherwise\ undefined \end{array}\right\}$
where $Prop$		$\equiv$	$((I\Rightarrow E)\Rightarrow T)\Rightarrow(I\Rightarrow E)\Rightarrow T$
$G_{(I\Rightarrow E)\Rightarrow T}/x_I$		$\equiv$	$\lambda d_E.\exists g_{I\Rightarrow E}.Gg\ \&\ gx{=}d$

$\wedge$には結合律が成り立ち、次の記法を用いることもある。

$$\begin{bmatrix} \phi_{Prop} \\ \vdots \\ \varphi_{Prop} \end{bmatrix} \equiv \phi_{Prop} \wedge \cdots \wedge \varphi_{Prop}$$

以下、TDL の特徴を列挙する。

- E(ntity)型の変数に換えて I(index)型の表現を用いる。
- 割り当て関数は、解釈関数の一部ではなく、($I \Rightarrow E$)型の表現として明示的に記述される。
- 文脈を、($I \Rightarrow E$)型の関数の集合（($I \Rightarrow E$)$\Rightarrow T$ 型の表現）とみなし、論理式($Prop$)を、そのような集合から集合への関数とみなす。
- その結果、TDL の論理式はフィルターもしくはテストとして振る舞う（図 3）。

図 3 TDL の論理式のフィルター的振る舞い

	x_1	x_2
g_1	a	a
g_2	a	b
g_3	b	a
g_4	b	b

$\xrightarrow{P(x_1, x_2)}$

	x_1	x_2
g_1	a	a
g_3	b	a

$\xrightarrow{Q(x_1)}$

	x_1	x_2
g_3	b	a

$where\ P\langle a,a\rangle = true,\ P\langle b,a\rangle = true,\ Q\langle b\rangle = true$

この方式による高階化は、動的論理（Groenendijk and Stokhof (1991)）を得るために必要な高階化と、複数形論理を得るために必要な高階化を兼ねている。まずは TDL における量化の仕組みをみてみよう。(11)(12)において、左辺が標準的な記法であり、右辺がそれに対応する TDL の記法である。

(11) Cardinal Quantifier

$$[\![\exists x.[\phi]]\!] = \phi \wedge uq(\lambda n.n > 0, x)$$

$$[\![2!x.[\phi]]\!] = \phi \wedge uq(\lambda n.n > 2, x)$$

$$[\![2x.[\phi]]\!] = \phi \wedge uq(\lambda n.n \geq 2, x)$$

(12) Generalized Quantifier

$$[\![Some(x)PQ]\!] = Px \wedge x \trianglerighteq x' \wedge \Delta x[Qx] \wedge bq(some, x', x)$$

$$[\![Most(x)PQ]\!] = Px \wedge x \trianglerighteq x' \wedge \Delta x[Qx] \wedge bq(most, x', x)$$

$$[\![Every(x)PQ]\!] = Px \wedge x \trianglerighteq x' \wedge \Delta x[Qx] \wedge bq(every, x', x)$$

次の定理は、TDL の存在量化が動的論理の性質を持つことを示している。この定理によって、TDL では存在量化子は必要ないことがわかる。

定理 $\exists x.[\phi] \wedge \varphi = \exists x.[\phi \wedge \varphi] = \phi \wedge \varphi$

証明　$\exists x.[\phi] \equiv \phi \wedge uq(\lambda n.n > 0, x)$、$uq(\lambda n.n > 0, x) = id_{(I \Rightarrow E) \Rightarrow T}$ [2]であるから、$\exists x.[\phi] = \phi$。故に $\exists x.[\phi] \wedge \varphi = \phi \wedge \varphi$ かつ $\exists x.[\phi \wedge \psi] = \phi \wedge \varphi$。（証明終）

また、TDL の anaphora の定義によって、複数形の代名詞が扱えるが、ここでは議論しない。以下の議論のために、TDL の量化では、変数を束縛しないことを指摘しておく。(11)(12)の左辺の記法では、ϕ もしくは P、Q において x は束縛変数であるが、右辺の記法では、x は I(ndex)型の定数である。したがって、λ 抽象が可能である。

3. 構成性

本章では、TDL を意味表現とする範疇文法を提示し、その構成性を確かめる。以下では紙面の都合から(2b)の例のみ示すが、(2a)(2c)(2d)についても同様に構成することができる。

$$
\dfrac{
\dfrac{
\dfrac{\text{"}a\text{"}}{\begin{array}{c} Num_{3S} / N_{3S} \\ \lambda n.n \end{array}}
\quad
\dfrac{\text{"}knife\text{"}}{\begin{array}{c} N_{3S} \\ \lambda x.\lambda t.\lambda c.\begin{bmatrix} knife(x,t) \\ cx \end{bmatrix} \end{array}}
}{\begin{array}{c} Num_{3S} \\ \lambda x.\lambda t.\lambda c.\begin{bmatrix} knife(x,t) \\ cx \end{bmatrix} \end{array}}
\quad
\dfrac{\varepsilon}{\begin{array}{c} D_{3S} \backslash Num_{3S} \\ \lambda n.\lambda \theta.\lambda v.\lambda e.\lambda t.\lambda c.nx_3 t\left(\lambda x.vet\left(\lambda e'.\begin{bmatrix} \theta(e',x) \\ ce' \end{bmatrix}\right)\right) \end{array}}
}{\begin{array}{c} D_{3S} \\ \lambda \theta.\lambda v.\lambda e.\lambda t.\lambda c.\begin{bmatrix} knife(x_3,t) \\ vet\left(\lambda e'.\begin{bmatrix} \theta(e',x_3) \\ ce' \end{bmatrix}\right) \end{bmatrix} \end{array}}
$$

$$
\dfrac{
\dfrac{\text{"}stab\text{"}}{\begin{array}{c} V_{base} / D \\ \lambda d.d(theme)\left(\lambda e.\lambda t.\lambda c.\begin{bmatrix} stabbing(e) \\ ce \end{bmatrix}\right) \end{array}}
\quad
\dfrac{\text{"}Caesar\text{"}}{\begin{array}{c} D_{3S} \\ \lambda \theta.\lambda v.\lambda e.\lambda t.\lambda c.caesar(x_2) \xrightarrow{x_2} vet\left(\lambda e'.\begin{bmatrix} \theta(e',x_2) \\ ce' \end{bmatrix}\right) \end{array}}
}{\begin{array}{c} V_{base} \\ \lambda e.\lambda t.\lambda c.caesar(x_2) \xrightarrow{x_2} \begin{bmatrix} stabbing(e) \\ theme(e,x_2) \\ ce \end{bmatrix} \end{array}}
$$

[2] Bekki(2000)参照。

$$\dfrac{\dfrac{\text{"stab Caesar"}}{V_{base}}}{\lambda e.\lambda t.\lambda c.caesar(x_2)\xrightarrow{x_2}\begin{bmatrix} stabbing(e) \\ theme(e,x_2) \\ ce \end{bmatrix}}$$

$$\dfrac{\text{"with"}}{V_{agr}\backslash V_{agr}/D} \quad \lambda d.d(with)$$

$$\dfrac{\text{"a knife"}}{D_{3S}} \quad \lambda\theta.\lambda v.\lambda e.\lambda t.\lambda c.\begin{bmatrix} knife(x_3,t) \\ vet\left(\lambda e'.\begin{bmatrix} \theta(e',x_3) \\ ce' \end{bmatrix}\right) \end{bmatrix}$$

$$V_{agr}\backslash V_{agr}$$

$$\lambda v.\lambda e.\lambda t.\lambda c.\begin{bmatrix} knife(x_3,t) \\ vet\left(\lambda e'.\begin{bmatrix} with(e',x_3) \\ ce' \end{bmatrix}\right) \end{bmatrix}$$

$$V_{base}$$

$$\lambda e.\lambda t.\lambda c.\begin{bmatrix} knife(x_3,t) \\ caesar(x_2)\xrightarrow{x_2}\begin{bmatrix} stabbing(e) \\ theme(e,x_2) \\ with(e,x_3) \\ ce \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$\dfrac{\text{"Brutus"}}{D_{3S}} \quad \lambda\theta.\lambda v.\lambda e.\lambda t.\lambda c.brutus(x_1)\xrightarrow{x_1}vet\left(\lambda e'.\begin{bmatrix} \theta(e',x_1) \\ ce' \end{bmatrix}\right)$$

$$\dfrac{past}{T/V_{base}\backslash D_{3S}} \quad \lambda d.\lambda v.d(agent)\left(\lambda e.\lambda t.\lambda c.vet\left(\lambda e'.\begin{bmatrix} past(e',t) \\ ce' \end{bmatrix}\right)\right)$$

$$T/V_{base}$$

$$\lambda v.\lambda e.\lambda t.\lambda c.brutus(x_1)\xrightarrow{x_1}vet\left(\lambda e'.\begin{bmatrix} past(e',t) \\ agent(e',x_1) \\ ce' \end{bmatrix}\right)$$

$$\dfrac{\text{"stab Caesar with a knife"}}{V_{base}} \quad \lambda e.\lambda t.\lambda c.\begin{bmatrix} knife(x_3,t) \\ caesar(x_2)\xrightarrow{x_2}\begin{bmatrix} stabbing(e) \\ theme(e,x_2) \\ with(e,x_3) \\ ce \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$T$$

$$\lambda e.\lambda t.\lambda c.brutus(x_1)\xrightarrow{x_1}\begin{bmatrix} knife(x_3,t) \\ caesar(x_2)\xrightarrow{x_2}\begin{bmatrix} stabbing(e) \\ theme(e,x_2) \\ with(e,x_3) \\ past(e,t) \\ agent(e,x_1) \\ ce \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$\dfrac{\varepsilon}{Prop/T} \quad \lambda t.te_1t_1(\lambda e.true)$$

$$\dfrac{\text{"Brutus stabbed Caesar with a knife"}}{T} \quad \lambda e.\lambda t.\lambda c.brutus(x_1)\xrightarrow{x_1}\begin{bmatrix} knife(x_3,t) \\ caesar(x_2)\xrightarrow{x_2}\begin{bmatrix} stabbing(e) \\ theme(e,x_2) \\ with(e,x_3) \\ past(e,t) \\ agent(e,x_1) \\ ce \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$Prop$$

$$brutus(x_1)\xrightarrow{x_1}\begin{bmatrix} knife(x_3,t_1) \\ caesar(x_2)\xrightarrow{x_2}\begin{bmatrix} stabbing(e_1) \\ theme(e_1,x_2) \\ with(e_1,x_3) \\ past(e_1,t_1) \\ agent(e_1,x_1) \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

この結果得られる意味表示は、(13a)～(13d)である。これは(3)の演繹関係を正しく表している。

(13)

$$a.\, brutus(x_1) \xrightarrow{x_1} \begin{bmatrix} back(x_4,t_1) \\ knife(x_3,t_1) \\ caesar(x_2) \xrightarrow{x_2} \begin{bmatrix} stabbing(e_1) \\ theme(e_1,x_2) \\ with(e_1,x_3) \\ in(e_1,x_4) \\ past(e_1,t_1) \\ agent(e_1,x_1) \end{bmatrix} \\ \end{bmatrix} \qquad b.\, brutus(x_1) \xrightarrow{x_1} \begin{bmatrix} knife(x_3,t_1) \\ caesar(x_2) \xrightarrow{x_2} \begin{bmatrix} stabbing(e_1) \\ theme(e_1,x_2) \\ with(e_1,x_3) \\ past(e_1,t_1) \\ agent(e_1,x_1) \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$c.\, brutus(x_1) \xrightarrow{x_1} \begin{bmatrix} back(x_4,t_1) \\ caesar(x_2) \xrightarrow{x_2} \begin{bmatrix} stabbing(e_1) \\ theme(e_1,x_2) \\ in(e_1,x_4) \\ past(e_1,t_1) \\ agent(e_1,x_1) \end{bmatrix} \end{bmatrix} \qquad d.\, brutus(x_1) \xrightarrow{x_1} caesar(x_2) \xrightarrow{x_2} \begin{bmatrix} stabbing(e_1) \\ theme(e_1,x_2) \\ past(e_1,t_1) \\ agent(e_1,x_1) \end{bmatrix}$$

また、1.1 節の最後に述べたイベントの明示的な量化についても、TDL では正しい分析を与えることが可能である。

(14)

$$\begin{array}{c}
\begin{array}{cc}
\begin{array}{c} \text{"}stab\ Caesar\text{"} \\ \hline V_{base} \\ \lambda e.\lambda t.\lambda c.caesar(x_2) \xrightarrow{x_2} \begin{bmatrix} stabbing(e) \\ theme(e,x_2) \\ ce \end{bmatrix} \end{array} &
\begin{array}{c} \text{"}two\ times\text{"} \\ \hline V_{agr} \backslash V_{agr} \\ \lambda v.\lambda e.\lambda t.\lambda c. \begin{bmatrix} vetc \\ 2(e) \end{bmatrix} \end{array}
\end{array} \\ \hline
V_{base} \\
\lambda e.\lambda t.\lambda c. \begin{bmatrix} caesar(x_2) \xrightarrow{x_2} \begin{bmatrix} stabbing(e) \\ theme(e,x_2) \\ ce \end{bmatrix} \\ 2(e) \end{bmatrix}
\end{array}$$

2章で触れたように、$2(e)$ は e を束縛しているわけではない。したがって、e は λ 抽象することができる。このとき、e は I(ndex)型の変数となっている。

このことは、イベント量化の構成性の問題において、TDL とその他の理論の間にある決定的な違いである。TDL 以外の論理言語では、句構造形成における変数の伝播と、その変数の持つスコープは独立ではない。その結果、(10)のような問題が生じるのである。しかし、TDL では *I*(index)型のオブジェクトが介在していることによって、句構造形成における index の伝播と、その index が関わる量化のスコープは独立した概念となっている。それゆえ、句構造形成においてイベントに相当する index を上に伝播していきながら、イベントのスコープはその影響を受けない。そしてイベントの明示的な量化が現れればそこでスコープを取り、現れなければ動詞の位置でスコープを取る。このように一見不思議なイベントの振る舞いは、TDL では自然な帰結なのである。

4. まとめ

TDL は元々、Eタイプ照応を含む照応の問題と、累積読みを含む量化の問題を統一的に解決するための論理言語であり、変数(に相当する index)による実体の参照が独自のメカニズムによってなされている。その結果、既存の意味論では問題となったイベント意味論の構成性問題が、特に新たな仮定を設けることなく解決する、ということを示した。このことは、人間の言語機能における表現と指示対象の関係は、代数における変数と実体の関係より少々複雑なものであり、理論的には三階の論理言語が必要である、という TDL の主張を裏付ける証拠の一つではないかと考えられる。

参考文献

Abney, S.P. (1987) "The English noun phrase in its sentential aspect", Unpublished Ph.D. dissertation, MIT.

Bekki, Daisuke. (2000a) "Typed Dynamic Logic for Compositional Grammar", Doctoral Dissertation, Faculty of Science, Department of Information Science, The University of Tokyo.

Bekki, Daisuke. (2000b) "Typed Dynamic Logic for E-type Link", *In Proceedings for Third International Conference on Discourse Anaphora and Anaphor Resolution (DAARC2000)*, pp.39-48, Lancaster University, U.K.

Bekki, Daisuke. (2000c) "Delayed Quantification for Cumulative Readings", *In Proceedings for SINN UND BEDEUTUNG V (12/18/2000)*, University of Amsterdam.

Davidson, Donald. (1967) "The logical form of action sentences", In Rescher, N. (ed.), *The Logic of Decision and Action*. University of Pittsburgh Press, Pittsburgh. reprinted in Davidson 1980.

Groenendijk, Jeroen, and Stokhof, Martin. (1991) "Dynamic Predicate Logic", *Linguistics and Philosophy* 14: pp.39-100.

Parsons, Terence. (1990) "Events in the semantics of English: A study in subatomic semantics", The MIT Press.

Schein, Barry. (1993) "Plurals and Events", The MIT Press.