

埼玉大学総合研究機構
研究プロジェクト成果発表会

意味認知解明のための言語意味と運動間
の構造対応関係の探求
—動作の様相論理による記述—

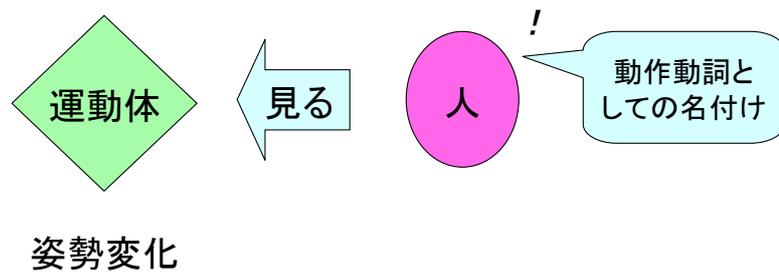
埼玉大学教養学部
哲学・人間システム論専攻
仁科弘之
2007年11月3日

1.1 はじめに

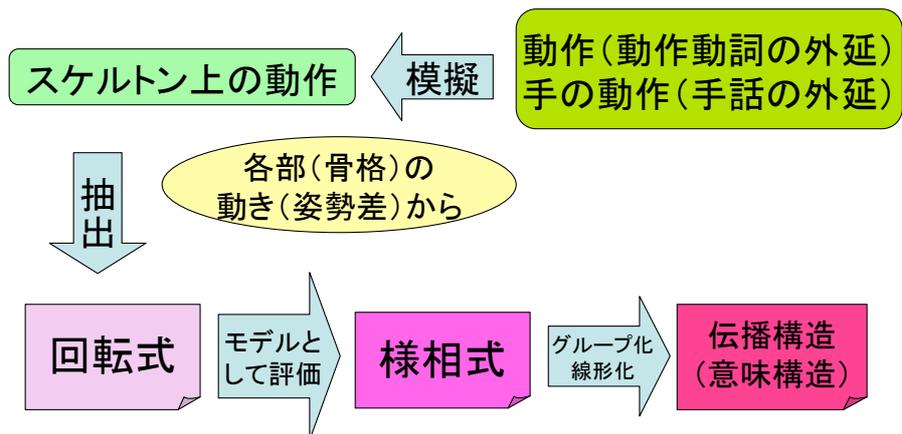
- ・ 動作名の視覚情報への依存
- ・ 運動体を見て、ヒトは姿勢変化の差に名称（動作動詞）を与える。
- ・ 手話や手の動作を、各部（単純化した骨格）の動きから回転式で記述
- ・ 回転式群から様相式を導出
- ・ 動作（動詞）から意味素性を抽出

1.2 動機

動作名称の視覚情報への依存



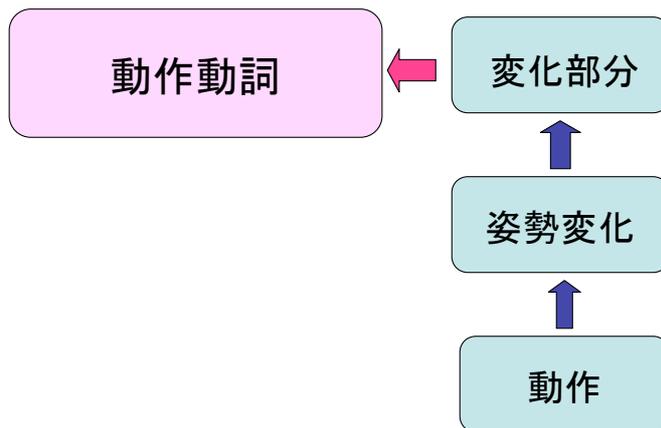
1.3 方法



1.4 あらすじ

- これまで、発表者はいくつかの動作動詞について、その様相構造を抽出した。
- 様相構造は動作の伝播を表示する。
- 本発表では、(i) 動作が局所化されている手話動作から様相構造を抽出し、それが埋め込み構造を示すことを確認する。(ii) 運動の伝播構造における埋め込みと文の埋め込み構造を比較し、前者は後者の発生の原因として考察対象にできるかを考察し、それが可能であるという結論をえることを示す。

2.1 視覚情報と動作動詞



動作をどのように記述するか

2.2 姿勢に基づく動詞 (Mam語から)

mutsl	(彼は腹這いに/俯せになって寝ている)
pak' l	(彼は仰向けになって寝ている)
tsalts	(彼は脇腹を付けて寝ている)
ginl	(彼は大の字になって寝ている)
legl	(彼は[酔って]手足を投げ出して寝ている)
kutstl	(彼は[病気で]家で一人で寝ている)
kot' sl	(彼は眠りながら寝ている [どんな姿勢でもよい])

3.1 ASL(米国手話)の記述

手話記述の3要素

[Stokoe et al, 1976]

Tab symbols : 手話の表現される位置

Dez symbols : 手の弁別的形態

Sig symbols : 手の動作

3.2 ASKの辞書記述

$G_1^{\dot{\lambda}}$ $G^{\circ\lambda}$ $GG_1^{\dot{\lambda}\sim}$ $GG_1^{\dot{\lambda}\square}$ [55]

\vee ask, inquire, question. This sign has several variant forms, some with considerable difference in use or meaning:

- $G_1^{\dot{\lambda}}$ $G_{\#}^{\square}$ (Sig: as the dez moves out the extended index finger is crooked; or, the bent index finger straightens. NOTE: The bent dez variant may be used in any of these signs. It is here symbolized $G_{\#}$ which represents a hand identical with the X-dez. However the signer "feels" this to be a G-sign.) when uninflected is equivalent to $\emptyset B^1 B^{\top}$ in its sense 'ask', which see. Either may be used when subject and object are implicit in the context or with explicit signs: ($\square G_r^x$ $G_1^{\dot{\lambda}}$ $A_0 A_0^{\vee}$ $\square G_r^x$ GG^{\square} $\sqrt{B_r^{\circ}}$ $\sqrt{B_r^{\square}}$ ('I asked, "Can I go to the movies?"' ($jane$ $G_1^{\dot{\lambda}}$ B_r G_r^x G^{\vee} $C_a C_a^{\top}$ $\cup O_r^x \#$ $\sqrt{B_r}$ $\sqrt{B_r}^{\hat{\uparrow}}$) 'Jane asked him what he wanted for breakfast.'
- $G_1^{\dot{\lambda}} \dot{\lambda}$ (the sig repeated as the dez moves to the right pausing at each repetition) is an inflected form of the sign with the meaning of asking several persons the same question. Meanings like 'each' and 'several' are contained in the emphatic and repeated segmentation: (\sqrt{F}^{λ} $\# \square BB^{\vee}$ $G_1^{\dot{\lambda}} \dot{\lambda}$ $A_a A_a^{\hat{\uparrow}}$ B_r Q_a^x $A_0 A_0^{\vee}$ $O_r O_r^a$) 'The minister asked each of them how much money he could give.' NOTE: The signer is free to render 'ask each' in two signs, $G_1^{\dot{\lambda}}$ A_0 $\dot{\lambda}^{\vee}$ or $B^1 B^{\top}$ A_0 $\dot{\lambda}^{\vee}$.

3.3 手話の例 (ASK)

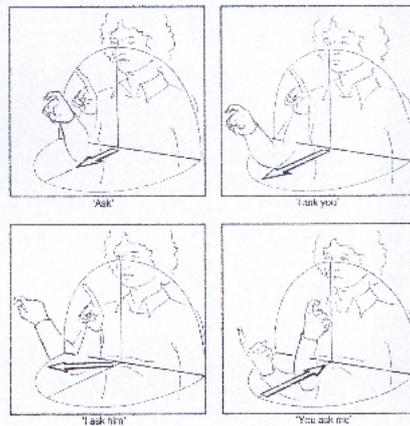


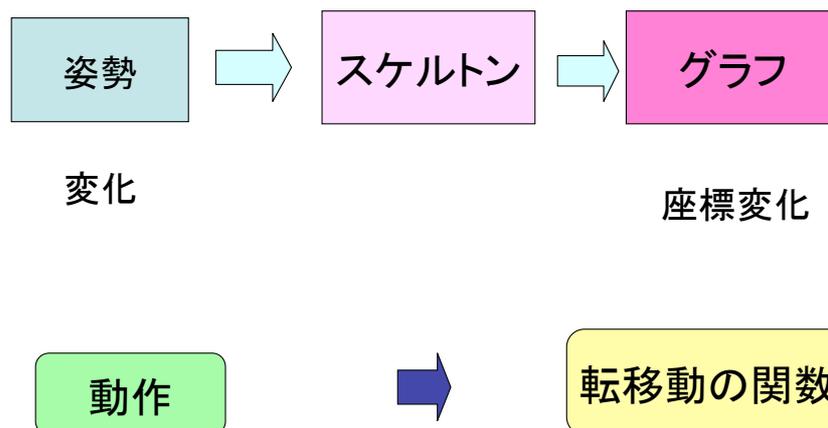
Figure 7.4 Modification of a verb's motion to incorporate subject and object pronouns (Illustration, copyright © Ursula Bellugi, The Salk Institute for Biological Studies, La Jolla, CA 92037, USA)

3.4 記述文による分類

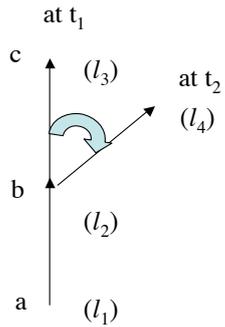
- 手指動作記述文間の類似関係を手話単語間の類似関係と見なし、手指動作記述文間の類似度を計算することで、類似の動作特徴を含む手話単語対の抽出する方法を提案している。[安達 2001]

- 人差し指を立てて唇にあてる
- 小指を下唇にあてる
- 人差し指で口のところに小さく円を描く

4.1 座標変化としての動作



4.2 移動表



	t_1	t_2
a	l_1	l_1
b	l_2	l_2
c	l_3	l_4

4.3 移動関数

$$F^1(a) = l_1, F^2(a) = l_1, F^1$$

$$(b) = l_2, F^2(b) = l_2,$$

$$F^1(c) = l_3, F^2(c) = l_4$$

$$F^{[1,2]}(a) = \langle l_1, l_1 \rangle: \sigma$$

$$F^{[1,2]}(b) = \langle l_2, l_2 \rangle: \sigma$$

$$F^{[1,2]}(c) = \langle l_3, l_4 \rangle: \mu$$

	t_1	t_2
a	l_1	l_1
b	l_2	l_2
c	l_3	l_4

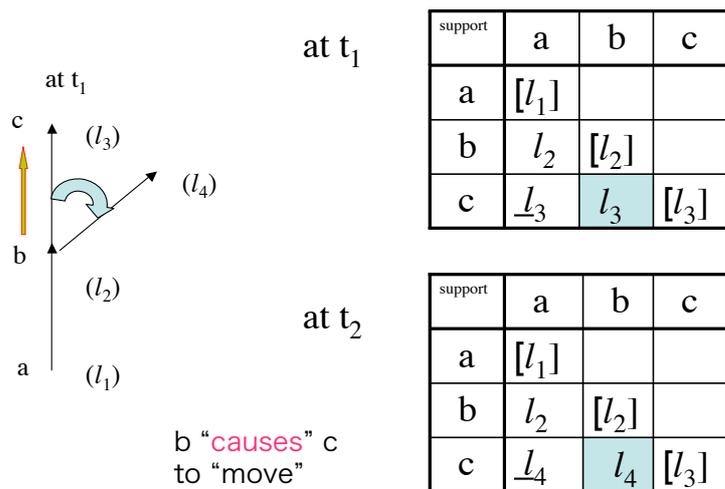
4.4 使役分析

$[_S \text{ CAUSE } X [_S \text{ BECOME } [_S \text{ NOT } [_S \text{ ALIVE } Y]]]]]$
 $\Rightarrow [_S \text{ CAUSE } X [_S \text{ BECOME } [_S (\text{NOT ALIVE}) Y]]]]$
 $\Rightarrow [_S \text{ CAUSE } X [_S (\text{BECOME NOT ALIVE}) Y]]]$
 $\Rightarrow [_S (\text{CAUSE BECOME NOT ALIVE}) X Y]]$
 $\Rightarrow [\textit{kill} X Y] \text{ (= "X kills Y")}$

A rotates around B. => B **causes** A to "move".

A turns on <B, C>. => B and C **cause** A to "move".

4.5 移動使役



4.6 使役関数

$S^{[1,2]}(b, \langle c, l_3 \rangle) = l_4 : M^{[1,2]}(b, c) = \langle l_3, l_4 \rangle$

$S^{[1,2]}(a, \langle b, l_2 \rangle) = l_2 : M^{[1,2]}(a, b) = \langle l_2, l_2 \rangle$

$*S^{[1,2]}(c, \langle _, _ \rangle) = _ : *M^{[1,2]}(c, _) = \langle _, _ \rangle$

$R^{[1,2]}(b, \langle l_2, l_2 \rangle)(c) = \langle l_3, l_4 \rangle$

$R^{[1,2]}(a, \langle l_1, l_1 \rangle)(b) = \langle l_2, l_2 \rangle$

$*R^{[1,2]}(c, \langle l_3, l_3 \rangle)(_) = \langle _, _ \rangle$

5.1 回転

運動使役



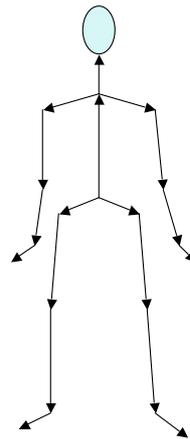
(...回転部分...)
スケルトンの運動



スケルトン



支持関係



5.2 場所関数

$$R^{[i,j]}(p, \langle l_i^1, l_i^2 \rangle)(p) = \langle l_j^1, l_j^2 \rangle$$

回転^[区間](軸点, <の始点位置, 終点位置>)(動点)
=<の始点位置, 終点位置>

5.3 回転/旋回関数

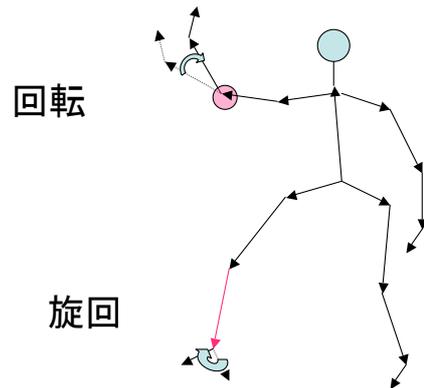
$$\pm R^{inti}(\langle p_j, \sigma/\mu \rangle)(p_k) = \sigma/\mu$$

回転^[区間](中心, の静止/移動)(動点) = の静止/移動

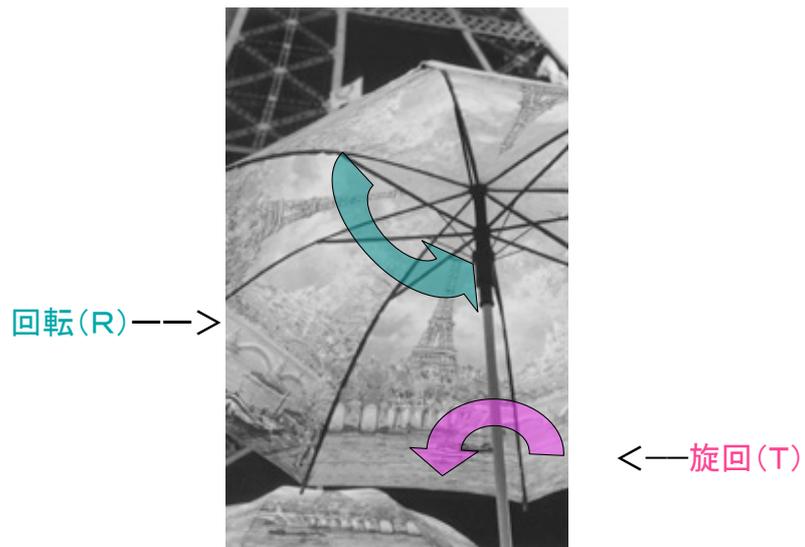
$$\pm T^{inti}(\langle p_j, p_k \rangle \sigma/\mu)(p_l) = \sigma/\mu$$

旋回^[区間](軸, の静止/移動)(動点) = の静止/移動

5.4 二種類の「回転」 回転(中心)と旋回(軸)



5.5 回転(R)と旋回(T)



5.6 モデル

世界：各点はその世界に存在し、外から動かされる (caused to move) と、その世界内で動く：

$\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]$ in w

接近可能性：A はBから接近可能である。=AはBによって移動使役 (directly or indirectly caused to move) させられている。

評価法：ある世界から接近可能なすべての世界において上式が成立していれば、それは必然的である：

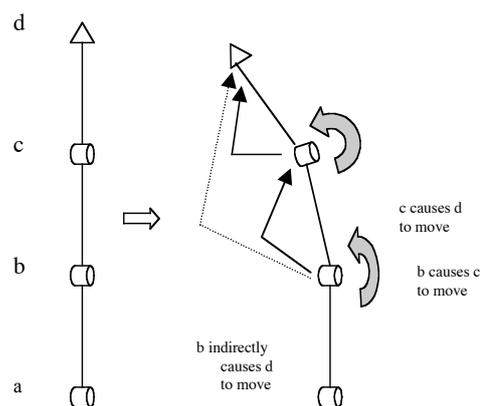
$\Box [\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]]$ in w

またある世界から接近可能な少なくとも一つの世界において上式が成立していれば、それは可能的である：

$\Diamond [[\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]]$ in w

5.7 複合的回転

Figure 1

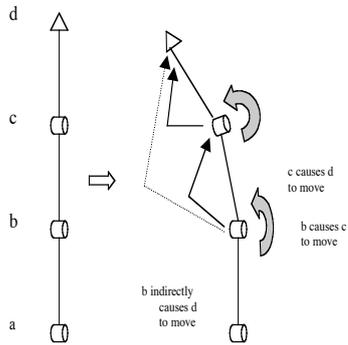


5.8 支持構造

支持構造：x “supports” y

直接支持構造：{<a, b>, <b, c>, <c, d>}

間接支持構造：{<a, c>, <a, d>, <b, d>}



↙	a	b	c	d
a				
b	S			
c	[S]	S		
d	[S]	[S]	S	

5.9 移動使役

直接使役關係

$$\langle b, c \rangle: +R^1(\langle c_b, \sigma \rangle)(c_c) = \mu$$

$$\langle c, d \rangle: +R^1(\langle c_c, \mu \rangle)(c_d) = \mu$$

間接使役關係

$$\langle b, d \rangle: +R^1(\langle c_c, +R^1(\langle c_b, \sigma \rangle)(c_c) \rangle)(c_d) = \mu$$

↙	a	b	c	d
a				
b				
c		μ		
d		μ	μ	

6.1 可能世界

- 各内容点はそれと同番号の世界に含まれるとみなす
- 移動している内容点はその世界のなかで動いているとみなす

- (1) $\neg [\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]]$ in w_a
 - (2) $\neg [\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]]$ in w_b from $+R^1(\langle c_a, \sigma \rangle)(c_b) = \sigma$
 - (3) $\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]$ in w_c from $+R^1(\langle c_b, \sigma \rangle)(c_c) = \mu$
 - (4) $\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]$ in w_d from $+R^1(\langle c_c, \mu \rangle)(c_d) = \mu$
- (#) $\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]$ in w_d
 from $+R^1(\langle c_c, +R^1(\langle c_b, \sigma \rangle)(c_c) \rangle)(c_d) = \mu$

6.2 接近可能性

CausativityをAccessibilityとみなす。つまり、使役関係にある点は、それらが含まれる世界間のあいだで接近可能性があることになる

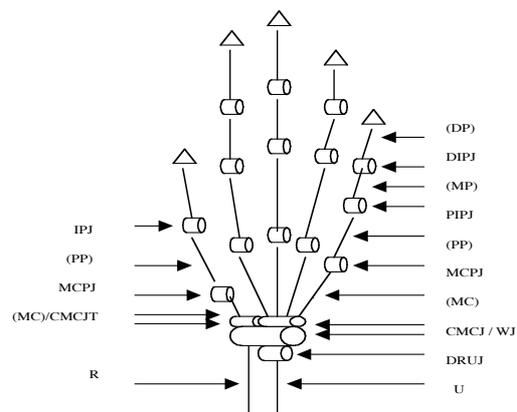
	w_a	w_b	w_c	w_d
w_a				
w_b		$\Downarrow 1$		
w_c		A	$\Downarrow 2$	
w_d		A	A	

- (1) $\Box [\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]]$ in w_b
- (2) $\Box [\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]]$ in w_c
- (3) $\Diamond [\Box [\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]]]$ in w_b

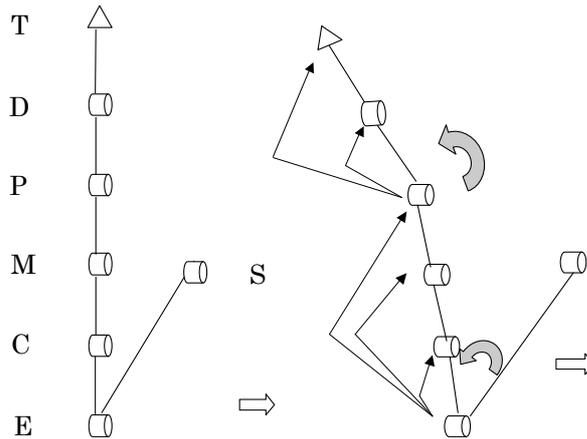
7.1 手話動作の記述

- ・ 手の骨格
- ・ ASKの動作
- ・ 各区間の様相性
- ・ 様相構造

7.2 手の骨格 (右手)



7.3 ASK (第1, 第2区間)



7.4 第1区間の様相性

	S	E	C	M	P	D	T
S							
E		◇ ¹					
C		A					
M		A					
P		A			◇ ²		
D		A			A		
T		A			A		

$\exists x \in C [\text{MOVE}(x) \text{ in } w_C]$

$\exists x \in C [\text{MOVE}(x) \text{ in } w_M]$

$\exists x \in C [\text{MOVE}(x) \text{ in } w_P]$

$\exists x \in C [\text{MOVE}(x) \text{ in } w_D]$

$\exists x \in C [\text{MOVE}(x) \text{ in } w_T]$

(1) $\square [\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]] \text{ in } w_E$

(2) $\square [\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]] \text{ in } w_P$

(3) $\diamond [\square [\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]]] \text{ in } w_E$

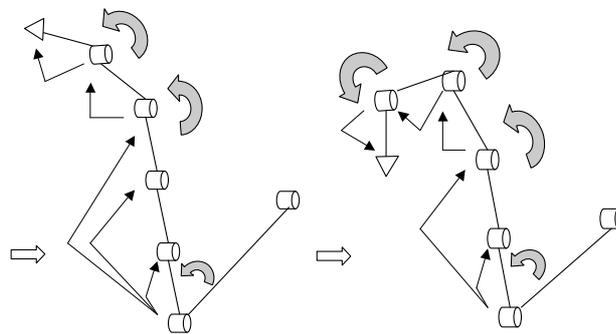
7.5 第2区間の様相性

	S	E	C	M	P	D	T
S							
E		\Downarrow^1					
C		A					
M		A					
P		A			\Downarrow^2		
D		A			A	\Downarrow^3	
T		A			A	A	

$\exists x \in C$ [MOVE(x) in w_C
 $\exists x \in C$ [MOVE(x) in w_M
 $\exists x \in C$ [MOVE(x) in w_P
 $\exists x \in C$ [MOVE(x) in w_D
 $\exists x \in C$ [MOVE(x) in w_T

(1) $\Box[\exists x \in C$ [MOVE(x)]] in w_E
 (2) $\Box[\exists x \in C$ [MOVE(x)]] in w_P
 (3) $\Box[\exists x \in C$ [MOVE(x)]] in w_D
 (4) $\Diamond[\Box[\exists x \in C$ [MOVE(x)]]] in w_E
 (5) $\Diamond[\Box[\exists x \in C$ [MOVE(x)]]] in w_P
 (6) $\Diamond[\Diamond[\Box[\exists x \in C$ [MOVE(x)]]]]
 in w_E

7.6 ASK (第2, 第3区間)



7.7 第3区間の様相性

	S	E	C	M	P	D	T
S							
E		↓	∏				
C		A					
M		A		↓			
P		A		A	↓		
D		A		A	A	↓	
T		A		A	A	A	

- (1) $\Box [\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]]$ in w_E
- (2) $\Box [\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]]$ in w_P
- (3) $\Box [\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]]$ in w_D
- (4) $\Diamond [\Box [\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]]]$ in w_E
- (5) $\Diamond [\Box [\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]]]$ in w_P
- (6) $\Diamond [\Diamond [\Box [\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]]]]$
in w_E
- (7) $\Box [\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]]$ in w_M
- (8) $\Diamond [\Box [\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]]]$ in w_M
- (9) $\Diamond [\Diamond [\Box [\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]]]]$ in w_M
- (10) $\Diamond [\Diamond [\Box [\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]]]]$ in w_E
- (11) $\Diamond [\Diamond [\Diamond [\Box [\exists x \in C [\text{MOVE}(x)]]]]]$
in w_E

7.8 意味抽出

$w: [{}_3 \leftarrow [{}_2 \leftarrow [{}_1 \text{ P/N }]]] \mu$
(P)N=N or PN

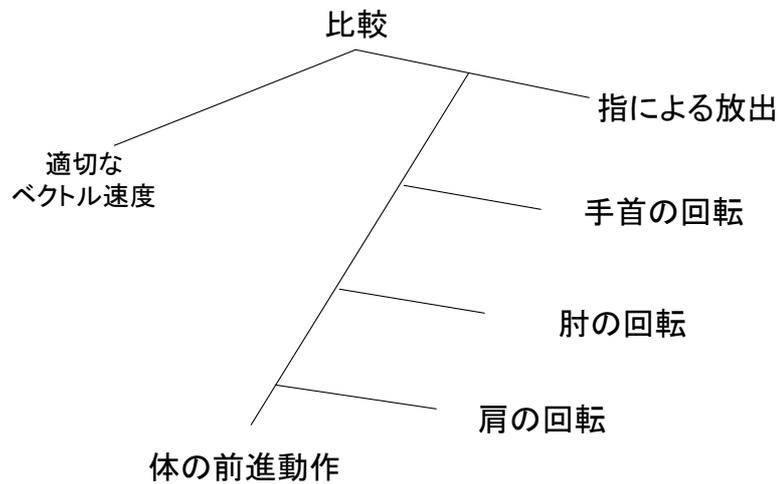
$w_E: [{}_3 \text{ P } [{}_2 \text{ P } [{}_1 \text{ (P) N }]]] \mu$

$w_M: [{}_3 \text{ ((P)P) N } [{}_2 [{}_1 \text{ }]]] \mu$

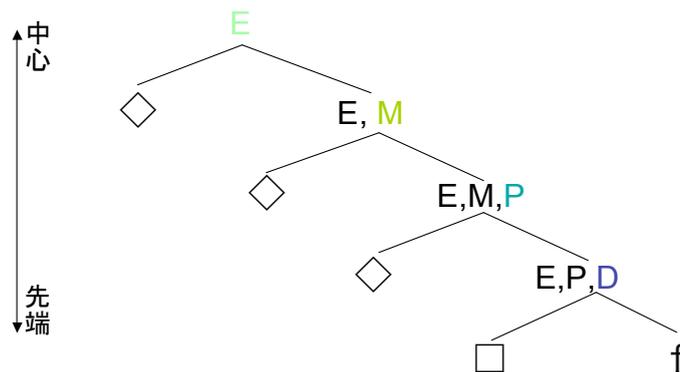
$w_P: [{}_3 [{}_2 \text{ P } [{}_1 \text{ N }]]] \mu$

$w_D: [{}_3 [{}_2 \text{ P } [{}_1 \text{ N }]]] \mu$

8.2 分節化されたプランニング (下手投げ)



8.3 様相埋め込み構造



E: 肘関節, M(CPJ): 中手[=掌部]指節間関節
 P(IPJ): 近位指節間関節, D(IPJ): 遠位指節間関節

結論 様相的意味表示（1）

- 本意味理論は、身体動作動詞の意味を簡易骨格上の関節から関節/端点への運動伝播に基づいて記述しようとする一種の外延的意味論である。
- 骨格上のある関節/端点に回転があるとき(これを運動点とよぶ)、その回転を、運動点の直前の関節の運動使役(causation)によって、式化した(回転式:「関節が運動点を使役する」)。
- 全体の運動区間を、運動点の数の等しい区間ごとに分けた(部分区間)。

結論 様相的意味表示（2）

- 各使役関節を個々の世界と見なし、そこからの「動かされる」端点/関節への接近可能性をもとにして後者の動きを評価し、様相式をえた(様相論理式の評価)。これを各部分区間毎におこなった。
- 各運動点(世界)の評価式を部分区間順に並べると、様相式連鎖の集合がえられる。
(動詞意味の様相式による表示)
- この表示法は、手話言語(のその動作)の記述にも応用できることを確認した。

今後の課題

動作の埋め込みから埋め込み文へ

- 関節の使役には埋め込み構造が認められることが指摘されている。
- この表示法でもそれが明らかになった。
- 自然言語には埋め込み文がみられ、それが言語の生産性に貢献している。
- 運動制御の埋め込み性が文構造に何らかの貢献をしている可能性がある。
- このことは、生物学的基盤から言語の特性を調べる必要性を示している。

文献¹

- [1] Ann, J. 1993, “Physiological Constraints on Two-Finger Handshapes” In: *CLS 28 Voll*, pp. 1-14.
- [2] Calvin, W. H. & D. Bickerton 2000 *Ex Machina: Reconciling Darwin and Chomsky with the Human Brain*, MIT Press.
- [3] Davidson, D. 1967, “The Logical Form of Action Sentences”, In D. Davidson ‘80. *Actions and Events*, pp. 105-122, Oxford University Press.
- [4] Gamut, L.T.F. 1991, *Logic, Language and Meaning Vol. 2*, The University of Chicago Press.
- [5] Gruber, G. S. 1976, *Lexical Structures in Syntax and Semantics*, North Holland.
- [6] Hughs, G. E. & M. J. Cresswell 1996, *A New Introduction to Modal Logic*, Oxford University Press.

文献²

- [7] Jackendoff, R. 1990, *Semantic Structures*, MIT Press.
- [8] Köpf-Maier, P. (ed.), 1997, *Wolf-Heidegger's Atlas of Human Anatomy I: Systemic Anatomy, Body Walls, Upper and Lower Limbs*, S. Karger AG.
- [9] Lakoff, G. 1970, *Irregularity in Syntax*, Holt Rinehart and Winston.
- [10] McCawley, J. D. 1970, "English as a VSO language," *Language* 46, pp. 286-299.
- [11] McCawley, J. D. 1970, "English as a VSO language," *Language* 46, pp. 286-299.

文献³

- [12] Nishina, H. 1999, "Extracting Semantic Features from Spatiotemporal Information on Action Using Modal Logic", Delivered at the Colloquium on Dynamic Logic, Czech Academy of Science.
- [13] Nishina, H. 2003, "How Humans Identify Actions?---One Proposal for Extracting Semantic Contents from the Spatiotemporal Information of Action" In: Hajičová, E., Kotěšovcová, A., Mírovský, J. (ed.), *Proceedings of CIL17*, CD-ROM. Matfyzpress, MFF UK.
- [14] Parsons, T. 1985, "Underlying Events in the Logical Analysis of English", In E. LePore & B. P. Mclaughlin '85. *Actions and Events*, pp. 235-267, Blackwell.
- [15] Parsons, T. 1990, *Events in the Semantics of English*, MIT Press.
- [16] Postal, P. 1972, On the Surface Verb "REMIND", In C. J. Fillmore and D. T. Langendoen (eds.), *Studies in Linguistic Semantics*, Holt Rinehart and Winston.

文献⁴

- [17] Pustejovsky, J. 1995, *The Generative Lexicon*, MIT Press.
- [18] Stokoe, W. C., D. C. Casterline & C. C. Croneberg, 1976, *A Dictionary of American Sign Language on Linguistic Principles* (New Edition), Linstok Press.
- [19] Talmy, L. “Semantic Causative Types”, In M. Shibatani (ed.), *Syntax and Semantics Vol. 6: The Grammar of Causative Constructions*, pp. 43-116, Academic Press.
- [20] Zatsiorsky, Vladimir M. 1997, *Kinematics of Human Motion*, Human Kinematics Publishers.
- [21] 安達久博 2001、「手指動作記述文間の類似性に基づく手話単語の分類方法」, 『自然言語処理』, pp.19-37, Vol 8, No. 3, 2001