

講義 8: エージェント通信  
*Agent Communication*

# 内容

1. エージェント通信
2. 言語行為
3. プランに基づく意味論
4. KQML と KIF
5. FIPA
6. “Inform” と “Request”
7. 参考文献
8. (資料 1) KQML 遂行的行為リスト
9. (資料 2) FIPA 遂行的行為リスト

# 1. エージェント通信

- ここでは知的エージェント技術の巨視的側面について考察する。これらは、エージェント個々ではなく、エージェントの社会に関連する
  - **通信**: 言語行為; KQML & KIF; FIPA ACL
  - **協調**: 協調の定義; ゲーム理論; 協調/非協調遭遇; 契約ネット, 共同理論

## 2. 言語行為 (1/5)

- Speech act, 発話行為ともよばれる
- マルチエージェントシステムにおける通信の扱いは、ほとんどの場合言語行為理論のアイデアを借りている
- 言語行為理論は言語運用論である。この理論は、人々がその目標や意図を達成するためにどのように言語を使っているかを説明しようとするもの
- 言語行為理論の原点は Austin による “How to Do Things with Words” [Austin62] にある

## 2. 言語行為 (2/5)

- Austin は、ある種の発話は、**世界の状態を変化させる**「物理的的行為」に似ていることに気が付いた
- それらの事例
  - 戦争宣言
  - 洗礼式
  - 「私はここに汝らは夫と妻であることを宣言する」
- より一般には、我々が発話するすべてのものは、ある目標や意図を充足するという意図をもって発せられる
- 発話が意図の達成のためにどのように用いられるかという理論が言語行為理論である

## 2. 言語行為 (3/5)

- Searle は, いろいろなタイプの言語行為を同定した [Searle69]
  - 主張型 (assertives):  
伝達行為 (e.g. “it is raining”)
  - 要求型 (directives):  
聞き手に何かをさせるための試み (e.g. “please make the tea”)
  - 約束型 (commissives):  
話し手に何かをさせることを専心させる (e.g. “I promise to ...”)
  - 表出型 (expressives):  
話し手が心的状態を表現する (e.g. “thank you!”)
  - 宣言型 (declarations):  
例えば戦争の宣言とか洗礼など

## 2. 言語行為 (4/5)

- この言語行為の類型論は適切かどうかに関する議論がある
- 一般に，言語行為は二つの要素を持っているとみなすことができる
  - performative verb (遂行動詞):  
(e.g. request, inform, ...)
  - propositional contents (命題内容):  
(e.g. “the door is closed”)

## 2. 言語行為 (5/5)

- いくつかの事例の考察
  - 遂行的行為 = request (要求)  
内容 = “the door is closed”  
言語行為 = “please close the door”
  - 遂行的行為 = inform (伝達)  
内容 = “the door is closed”  
言語行為 = “the door is closed”
  - 遂行的行為 = inquire (問い合わせ)  
内容 = “the door is closed”  
言語行為 = “is the door closed?”



### 3. プランに基づく意味論 (1/4)

- 言語行為の意味論をどのように定義するのか？ 誰かが発話したこと (つまり要求したか伝達したか) を、いつ判断するのか？
- Cohen と Perrault [Cohen79] はプランニング研究の *precondition-delete-add* リストを用いて言語行為の意味論を定義した
- 一般に、話し手は聞き手に対して望ましい心的状態の受理を強制することは出来ないことに注意！

### 3. プランに基づく意味論 (2/4)

- *request* の意味は以下のようなになる

$request(s, h, \phi)$

pre:

- $s$  は、 $h$  が  $\phi$  を出来ると信じている (もしも相手があることが出来ると思っていなかったら、その人にそれをやってくれと要求することはない)
- $s$  は、 $h$  が  $h$  は  $\phi$  を出来ると信じている (もしも相手がそれを出来ると信じていなかったら、その人に要求することはない)
- $s$  は、 $s$  が  $\phi$  を欲していることを信じている (もしもそれを欲していなかったら、誰かにそれを要求することはない)

post:

- $h$  は、 $s$  が  $s$  は  $\phi$  を欲していることを信じていることを信じている (この行為の効果は、相手に対して自分の願望を気づかせること)

### 3. プランに基づく意味論 (3/4)

---

*Request*( $S, H, \alpha$ )

---

Preconditions    Cando.pr    ( $S \text{ BELIEVE } (H \text{ CANDO } \alpha)) \wedge$   
 $(S \text{ BELIEVE } (H \text{ BELIEVE } (H \text{ CANDO } \alpha)))$

                  Want.pr    ( $S \text{ BELIEVE } (S \text{ WANT } requestInstance)$ )

Effect                            ( $H \text{ BELIEVE } (S \text{ BELIEVE } (S \text{ WANT } \alpha))$ )

---

*CauseToWant*( $A_1, A_2, \alpha$ )

---

Preconditions    Cando.pr    ( $A_1 \text{ BELIEVE } (A_2 \text{ BELIEVE } (A_2 \text{ WANT } \alpha))$ )

                  Want.pr    ×

Effect                            ( $A_1 \text{ BELIEVE } (A_1 \text{ WANT } \alpha)$ )

---

### 3. プランに基づく意味論 (4/4)

---

*Inform*( $S, H, \varphi$ )

---

Preconditions    Cando.pr    ( $S \text{ BELIEVE } \varphi$ )

                  Want.pr    ( $S \text{ BELIEVE } (S \text{ WANT } \textit{informInstance})$ )

Effect                            ( $H \text{ BELIEVE } (S \text{ BELIEVE } \varphi)$ )

---

*Convince*( $A_1, A_2, \varphi$ )

---

Preconditions    Cando.pr    ( $A_1 \text{ BELIEVE } (A_2 \text{ BELIEVE } \varphi)$ )

                  Want.pr    ×

Effect                            ( $A_1 \text{ BELIEVE } \varphi$ )

---

## 4. KQML と KIF(1/3)

- 次にエージェント 通信言語 (Agent Communication Language (ACL)(メッセージ交換のための標準フォーマット) )について考える
- 最も良く知られている ACL は ARPA Knowledge Sharing Initiative により開発された KQML である。  
KQML は二つの部分からなる
  - Knowledge Query and Manipulation Language (KQML)
  - Knowledge Interchange Format (KIF)

## 4. KQML と KIF(2/3)

- KQML は様々な受理可能な「伝達動詞 (communicative verb)」や「遂行行為」を定義する「外側」の言語 (40 の遂行的行為)  
遂行的行為の例
  - *ask – if* ('is it true that...')
  - *perform* ('please perform the following action...')
  - *tell* ('it is true that...')
  - *reply* ('the answer is...')
- KIF はメッセージの内容を表現する言語

## 4. KQML と KIF(3/3)

- エージェント同士が通信できるためには、それらは共通の用語を用いることに同意しなければならない
- 用語の集合の形式的な仕様は**概念辞書 (オントロジ, Ontology)** と呼ばれる
- Knowledge Sharing Effort は、この共有の概念辞書を定義するための大きなプロジェクトおよびソフトウェアツールである ontolingua と関連している
- KQML/KIF 対話の例

```
A to B: (ask-if
          (> (size chip1) (size chip2)))
B to A: (reply true)
B to A: (inform (= (size chip1) 20))
B to A: (inform (= (size chip2) 18))
```

## 5. FIPA(1/2)

- 最近, FIPA(Foundation for Intelligent Physical Agents) がエージェントの標準化を行っている [FIPA01]. 中心的な作業は ACL の設計
- 基本構造は KQML に類似している
  - **performative**; FIPA の遂行的行為は 20 個
  - **housekeeping**; sender など
  - **content**; メッセージの実際の内容



## 5. FIPA(2/2)

- 例

```
(inform
  :sender    agent1
  :receiver  agent2
  :content   (price good2 150)
  :language  sl
  :ontology  hpl-auction
)
```

## 6. “Inform” と “Request”(1/3)

- “Inform” と “Request” は FIPA ACL における基本遂行的行為。他の遂行的行為はマクロ定義であり，これらの二つの遂行的行為により定義される
- inform と request の意味は二つの部分により定義される
  - pre-condition(前提条件)  
その言語行為が成功するために真でなければならないこと
  - rational effect(合理的効果)  
メッセージの送り手が成立させたいこと

## 6. “Inform” と “Request”(2/3)

- 遂行的行為 “Inform” に関して以下が定義されている

内容は言明

送り手において以下の前提条件が成り立つ

- 内容は真
- 受け手が内容を信じるようになることを意図している
- 受け手が内容が真であるか偽であるかについて知っている  
ということはまだ信じていない

## 6. “Inform” と “Request”(3/3)

- 遂行的行為 “Request” に関して以下が定義されている

内容は**行為**

送り手において以下の前提条件が成り立つ

- その行為が実行されることを意図している
- 受け手がその行為を実行できる能力があることを信じている
- 送り手が既にその行為の実行を意図していることを信じていない

## 参考文献

- Austin62** Austin, J. L. (1962) *How to Do Things with Words* Oxford University Press. (邦訳: 坂本百大訳, 「言語と行為」, 大修館書店).
- Searle69** Searle, J. R. (1969) *Speech Acts: an Essay in the Philosophy of Language*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Cohen79** Cohen, P. R. and Perrault, C. R. (1979) Elements of a plan based theory of speech acts. *Cognitive Science*, **3**, 177–212.
- FIPA01** FIPA (2001) The foundation for intelligent physical agents. See <http://www.fipa.org/>.

## (資料 1) KQML 遂行的行為リスト (1/4)

Performative	Meaning
achieve	$S$ wants $R$ to make something true of their environment
advertise	$S$ claims to be suited to processing a performative
ask-about	$S$ wants all relevant sentences in $R$ 's VKB
ask-all	$S$ wants all of $R$ 's answers to a question $C$
ask-if	$S$ wants to know whether the answer to $C$ is in $R$ 's VKB
ask-one	$S$ wants one of $R$ 's answers to question $C$
break	$S$ wants $R$ to break an established pipe
broadcast	$S$ wants $R$ to send a performative over all connections
broker-all	$S$ wants $R$ to collect all responses to a performative
broker-one	$S$ wants $R$ to get help in responding to a performative
deny	the embedded performative does not apply to $S$ (anymore)
delete-all	$S$ wants $R$ to remove all sentences matching $C$ from its VKB
delete-one	$S$ wants $R$ to remove one sentence matching $C$ from its VKB

## (資料 1) KQML 遂行的行為リスト (2/4)

Performative	Meaning
discard	$S$ will not want $R$ 's remaining responses to a query
eos	end of a stream response to an earlier query
error	$S$ considers $R$ 's earlier message to be malformed
evaluate	$S$ wants $R$ to evaluate (simplify) $C$
forward	$S$ wants $R$ to forward a message to another agent
generator	same as a standby of a stream-all
insert	$S$ asks $R$ to add content to its VKB
monitor	$S$ wants updates to $R$ 's response to a stream-all
next	$S$ wants $R$ 's next response to a previously streamed performative
pipe	$S$ wants $R$ to route all further performatives to another agent
ready	$S$ is ready to respond to $R$ 's previously mentioned performative

## (資料 1) KQML 遂行的行為リスト (3/4)

Performative	Meaning
recommend-all	$S$ wants all names of agents who can respond to $C$
recommend-one	$S$ wants the name of an agent who can respond to a $C$
recruit-all	$S$ wants $R$ to get all suitable agents to respond to $C$
recruit-one	$S$ wants $R$ to get one suitable agent to respond to $C$
register	$S$ can deliver performatives to some named agent
reply	communicates an expected reply
rest	$S$ wants $R$ 's remaining responses to a previously named performative
sorry	$S$ cannot provide a more informative reply
standby	$S$ wants $R$ to be ready to respond to a performative
stream-about	multiple response version of ask-about
stream-all	multiple response version of ask-all



## (資料 1) KQML 遂行的行為リスト (4/4)

Performative	Meaning
subscribe	$S$ wants updates to $R$ 's response to a performative
tell	$S$ claims to $R$ that $C$ is in $S$ 's VKB
transport-address	$S$ associates symbolic name with transport address
unregister	the deny of a register
untell	$S$ claims to $R$ that $C$ is <i>not</i> in $S$ 's VKB

## (資料 2) FIPA 遂行的行為リスト (1/2)

Performative	Passing information	Requesting information	Negotiation	Performing actions	Error handling
accept-proposal			×		
agree				×	
cancel		×		×	
cfp			×		
confirm	×				
disconfirm	×				
failure					×
inform	×				
inform-if	×				
inform-ref	×				
not-understood					×

## (資料 2) FIPA 遂行的行為リスト (2/2)

Performative	Passing information	Requesting information	Negotiation	Performing actions	Error handling
propagate				×	
propose			×		
proxy				×	
query-if		×			
query-ref		×			
refuse				×	
reject-proposal			×		
request				×	
request-when				×	
request-whenever				×	
subscribe		×			