

コネクショニストモデルによるアプローチ

°松井俊弘(北大工) 嘉数侑昇(北大工)

1. はじめに

ロボットやコンベア, 工作機械等の機械群からなる生産システムに多数の異なる作業が与えられたときに, それを並列協調作業により実行することを考える。

ここでは, 各機械の自律性とシステム全体の柔軟性を高めるためにオブジェクト指向の概念を導入する。この時, オブジェクト間でのコミュニケーションを如何に実現するかが重要な問題となる。

そこで, この問題に対するコネクショニストモデル(以下CMとする)によるアプローチについて述べる。

2. オブジェクト構成

オブジェクトは独立した処理系, データ, 通信機能を持っている。生産システムにおいてはロボット等の機械が一つのオブジェクトとなる。またそのオブジェクトはその機械が行える機能オブジェクトからなっている。この機能オブジェクトは機械が行える作業の最も基本的な作業を実行する機能である。またその作業をタスクオブジェクトとして表す。システムに与えられる作業は複数のタスクオブジェクトからなるジョブオブジェクトとして与えられる。

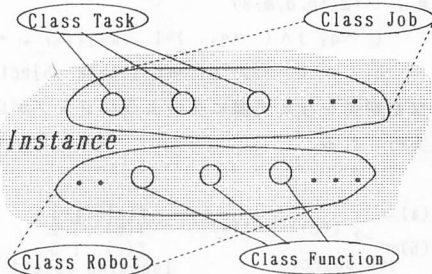


図1 オブジェクト構成例

3. オブジェクト間コミュニケーション

システムに与えられた作業はそれぞれの実行可能な機能オブジェクトによって, すべて行われなければならない。その際に機能オブジェクトはどのタスクを実行するかを, 自らが決定しそれを実行する。そのためには, オブジェクト自らが自分自身の状態のみならず全体に関する情報が必要となる。これをオブジェクトの自律性を保ちながら行うには, オブジェクト間でのコミュニケーションによらなければならない。

この時オブジェクト間のコミュニケーションは, 必要な全体の情報を正確に得て, また自分の状態を全体もしくは他のオブジェクトに伝えられなければならない。ここではそのコミュニケーションをCMとして行う。

4. Connectionist Model

CMは, 多数の簡単なユニットと呼ばれる処理要素が互いに結合し信号を送ることにより情報処理を行うモデルである。これは多くの様々な情報が互いに制約する問題に対して, 情報を分散表現し, 分散並列処理を行うものである。

4.1 ユニット

ユニットは, 以下の要素からなる

q: discrete state

p: continuous state

v: output v_1, \dots, v_m

i: input i_1, \dots, i_n

w: input weight w_1, \dots, w_n

m: output modifier m_1, \dots, m_m

更新関数

$$q=f(i, w, p, q)$$

$$p=g(i, w, p, q)$$

$$v=h(i, w, m, p, q)$$

このユニットを問題に応じて, 接続し適当な更新関数を定めることによりCMを構築する。

4.2 ユニット構成

CMにおける各ユニットの状態値は, コミュニケーションの結果として得られる情報である。この情報によって各々のオブジェクトは, その時点における自分自身の情報だけでなく必要な全体に対する情報を得ることが出来る。

しかし多数の異なる制約がオブジェクトに対して与えられるような場合には, ユニットが多数の異なる性質を持つ情報を保持しなくなればならなくなる。これを一つのユニットによって表すとするとユニットの性質自体が複雑となることからCM自身の簡潔さを失いコミュニケーションの複雑さが増し, その構築自体が困難なものとなる。

そこで異なる情報に対しては, 異なるユニットを割り当て各ユニットが異なるCMを構成する。この結果オブジェクトは複数のユニットを保持することになる。

このことから各CMによって制約条件などが明確に表

現され、オブジェクトはその結果を各ユニットの値として得ることができる。

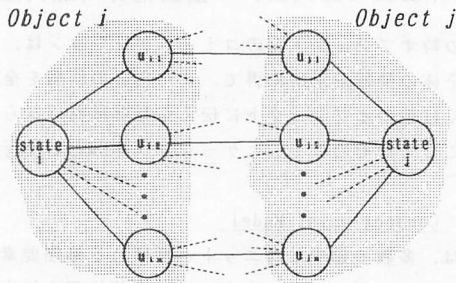


図2 オブジェクトとユニット

4.3 ユニットの更新

ユニットはそれ自身が更新関数を持ちコミュニケーションを行うが、さらにその属しているオブジェクト内において、オブジェクト内のユニットとオブジェクトの状態sとの間に以下のような更新関数を持ちユニットの要素とオブジェクトの状態が更新される。

iオブジェクト、jユニットにおける更新関数

$$F_i = \{f_{m_{ji}}, f_{w_{ji}}, f_{p_{ji}}, f_{q_{ji}}, f_{s_i}\}$$

$$m_j \leftarrow f_{m_{ji}}(p, q, m, w, s_i)$$

$$w_j \leftarrow f_{w_{ji}}(p, q, w, s_i)$$

$$q_{ji} \leftarrow f_{q_{ji}}(p, q, s_i)$$

$$p_{ji} \leftarrow f_{p_{ji}}(p, q, s_i)$$

$$s_i \leftarrow f_{s_i}(p, q, s_i)$$

$$p = \{p_{1i}, p_{2i}, \dots, p_{ki}\}$$

$$q = \{q_{1i}, q_{2i}, \dots, q_{li}\}$$

$$s_i : \text{state value}$$

5. 具体例

実際にCMによるコミュニケーションが有効であることを確認するために簡単な具体例について述べる。

対象とする問題は特定の実行順序が与えられた複数のタスクからなるジョブを複数の機能で実行する場合である。但し、機能とタスクの各々の間での競合はないものと限定する。ここでは以下の要素を持つユニットからなる三つのCMを用いる。

$$q : \{1, 0\} \text{ discrete state}$$

$$v : \{1, 0\} \text{ output}$$

$$i_i : \{1, 0\} \text{ input}(i)$$

$$m_i : \{1, 0\} \text{ output modifier}$$

(1) C1:タスクの存在

$$q : \{1, 0\} \ 1 \dots \text{存在}, \ 0 \dots \text{不在}$$

$$q \leftarrow q \vee (i_1 \wedge i_2 \wedge \dots \wedge i_n)$$

$$v_i \leftarrow q \wedge m_i$$

(2) C2:タスクの順序制約

$$q : \{1, 0\} \ 1 \dots \text{実行可能}, \ 0 \dots \text{実行不可}$$

$$q \leftarrow i_1 \wedge i_2 \wedge \dots \wedge i_n$$

$$v_i \leftarrow q \wedge m_i$$

(3) C3:タスクの実行

$$q : \{1, 0\} \ 1 \dots \text{実行中}, \ 0 \dots \text{休止中}$$

$$q \leftarrow i_1 \wedge i_2 \wedge \dots \wedge i_n$$

$$v_i \leftarrow q \wedge m_i$$

オブジェクトの更新関数

(1)機能オブジェクト

$$s : [0, T] \text{ 機能の実行の時間}$$

$$T: \text{機能実行に要する時間}$$

$$s \leftarrow fs(p, q, s)$$

$$q_1 \wedge q_2 \wedge (\neg q_3) = 1 \dots s \leftarrow T$$

$$q_3 = 1 \dots s \leftarrow s - t \ (t:k \text{更新間隔})$$

$$q_3 \leftarrow fq_3(p, q, s)$$

$$q_1 \wedge q_2 = 1 \dots q_3 \leftarrow 1$$

$$(s=0) \wedge q_3 \wedge (\neg q_1) = 1 \dots q_3 \leftarrow 0$$

(2)タスクオブジェクト

$$s : [0, 1] \text{ タスクの実行}(s=1)$$

$$s \leftarrow fs(p, q, s)$$

$$q_3 = 1 \dots s \leftarrow 1$$

$$q_3 = 0 \dots s \leftarrow 0$$

$$q_3 \leftarrow fq_3(p, q, s)$$

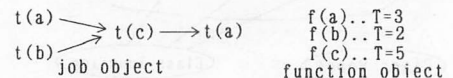
$$q_3 = 1 \dots q_2 \leftarrow 0$$

$$m_2 \leftarrow fm_2(p, q, m, s)$$

$$(\neg q_1) \wedge (\neg q_3) = 1 \dots m_{2j} \ (j: 1, n) \leftarrow 1$$

$$q_2 \wedge q_1 = 1 \dots m_{1j} \leftarrow 0 \ (j: \text{task object})$$

適切な初期値を与え実際に次のようなジョブが以下の様に実行される。



$$t=0 ; \ t(a):s=1 \dots f(a):s=3 \quad t(b) \dots f(b):s=2$$

$$t=2 ; \ t(a):s=1 \dots f(a):s=1$$

$$t=3 ; \ t(c):s=1 \dots f(a):s=5$$

$$t=8 ; \ t(a):s=1 \dots f(a):s=3$$

6. おわりに

オブジェクト間のコミュニケーションをCMとして行うことについて述べ、その可能性を示した。

7. 参考文献

J. A. Feldman D. H. Ballard: Cognitive Science 6 1982
"Connectionist Models and Their Properties"