人間－機械系のペトリネットモデルにおける 行為の否定の取り扱い方

立花 靖弘 (湘北短期大学)

How to Deal with Non-actions in a Petri Net Model of Man-machine System

Yasuhiro TACHIBANA (North Shore College)

1. はじめに

人間行動の解析にあたって、通常、定型的な手順化された行動を中心に、そこから派生する行動を枝分かれ的に描いて解析することが多い。本論でも最終的に得られる行動表現形式は、手順化された行動の系列をなすが、その行動系列を「システムの状態」推移を明示しながら描く（後述の「到達可能木」）。システムの状態として、機械系の状態（物理状態）だけを表示する場合もあるが、人間の認知状態を含めて表示する場合もある。

行動系列を導出する母体としてペトリネットを利用するのは、状況依存のかつ不慣れた状況下での人間の行動を並列的遂行型にみただけで、定型的行動ばかりでなく非定型的または見落としがちな意外性のある行動系列をも導出しようとするためである。このことによって、複数操作員間にコミュニケーション不足が生じた場合や、緊急事態の状況下にある場合や、機械系の障害の性質がよくわからない状況下にある場合などでの人間行動解析への応用が期待される。

ペトリネットは、非同期的かつ並進的動作の存在するシステムの挙動を記述し解析する道具として有用であることが知られている。ただし、人間－機械系をペトリネット・グラフとしてモデル化すると、一般に複雑なものになりやすい。そこで、THERP でよく取り扱われる「行動の否定」をペトリネット・グラフでは必要なもの以外とりあげず、行動系列（後述の「発火系列」）の解釈段階で利用す

る方法を考えてみたい。

2. ペトリネット／色付きペトリネット

ペトリネットPNを4項組 $PN=(P, T, C, M)$ で表わす。集合Pの要素 p_i をプレースといい○印で、集合Tの要素 t_i をトランジションといい棒■印で表わし、任意のこの両者間を有効アークCで連結する。システムの状態をプレース中に存在するトークンとよばれる黒丸●印の分布（これをマーキングMとよぶ）で表わす。トークンの移動（トランジションの「発火」によって生ずる）でシステムの挙動を表現する。

ところで、実システムを4項組PNでグラフ化すると一般に複雑なものとなる。そこで、色付きペトリネットCPNを用いて縮約化したグラフを作成する。本論では、トークンとアークを色付きにする。すなわち、 $CPN=(P, T, C, U, A, M)$ 、 $u_m \in U$ 、 $a_n \in A$ とする。Uはトークン色集合、Aはアーク色集合である。

3. 事例

簡単な事例として、図1のようなガス詰め

図1. 高圧ガス充填機械系

A, C: チェック・バルブ, B: ラインアップ・バルブ, PG: 圧力計

作業をとりあげる。その色付きペトリネット
(グラフ)を図2に示す。システムの初期状
態を全バルブ閉状態として、その後の挙動を
樹木状に展開したもの(到達可能木という)

図2. 図1における作業のペトリネット・グラフ
 p_i :バルブまたは圧力計の状態を表示するプレ
ース, $t_{j0}, t_{j1}: j=1,2,3$ バルブの開・閉操作, $j=4$
昇圧起動する・しない, t_5 : 圧力計を正しくみる
, t'_5 : 誤認, $\hat{t}_5$: みない, 他のプレース・トランジ
ションはダミー, プレース中の上段は物理状態・
下段は認知状態, アーク色 a_1, a_2 は一部のみ示す,
 $w: a_1 \cup a_2$, アーク●●は往復有向アーク, トーク
ン色: ●(u_1)バルブ閉, ○(u_2)バルブ開状態, ●
(u'_1)PG非昇圧, ○(u'_2)PG昇圧状態

の一部を図3に示す。いま、ハンマーリング
を起こす危険性のある操作をそのときの状態
とともに表わす(危険事象セット($t|M$)と
よぶことにする)と, $(t_{20}|M_{1,n})$, $(t_{10}$
 $|M_{2,n})$, $(t_{30}|M_{1,n})$, などがあり, こ
れらを到達可能木の中に見出すことは容易で
ある。また, 危険事象セットに至る操作手順
(発火系列; 発火するトランジションの系列)
を解釈することによって, 生ずる可能性を定
性的に評価することができる。その際, 行為
の否定表現は, 到達可能木に陽には表現され
ていないが, 枝の分岐を互いに否定関係とみ
なす。これらの否定関係の中から定量的解析
に有用なものを選択し, イベント・ツリーな
どとして再表現することが考えられる。また
は定性的な範囲で, 注意を喚起する表現とし
て利用することもできよう。一例として発火
系列 $t_{10}t'_5t_{30}$ の解釈例を示すと, 「バルブA
を開け昇圧したと誤認して(バルブBを開け
ないで)バルブCを開けた」となる。

4. おわりに

ペトリネット・グラフを縮約化するために
色付きペトリネットを利用したが, さらに縮
約化する工夫を課題としたい。

行為の否定の取り扱いをTHERP とくらべると,
解析のはじめに行動要素を排反事象とし
て明確に定義していない分だけ定量的解析へ
のつなぎはよくないが, 定性的解析には柔軟
な適用力を生み出している。

図3. 図2から得られる到達可能木の一部
 $q_i = M(p_i)$, $q_i=1$: 閉状態, 0: 開状態 (または昇圧状態)