

環境遷移グラフによる並列協調作業表現

3M-10

上林 弥彦

京都大学情報学研究科

1. まえがき

著者らは、共同作業の形式的記述のためにそれぞれの利用者の状態の組み合わせを環境として定義し、その環境の遷移をラベル付き有向グラフで表現する環境グラフを利用する方法を提案しそれを用いたシステム開発を行ってきた。本稿では従来用いられてきた中では最も表現能力の高い色付きベトリネット表現との比較を簡単な会議を例にとり行う。色付きベトリネット表現は、並列性の表現やAND条件の表現で優れているが、種々の条件を混在して示すために、表現内容が分かりにくいという欠点がある。枝が出ていても必ずしもトークンを動かさないといったネットで十分表現できない制約まである。ここでは、この2つの表現法を比較し、環境遷移グラフに並列条件を追加することにより、分かりやすく表現能力の高いモデルにできることを示す。

2. 環境モデル

協調作業を表現する方法には、無向グラフ、有向グラフ（PERT）、有限オートマトン、ワークフローグラフおよびベトリネットによる方法などが知られている。有限オートマトンによる方法は並列性の表現が困難であるため、習慣的にワークフローおよびベトリネットがよく使われている。ベトリネットはワークフローグラフの動作を確認する場合にも用いられる。我々は、各作業環境をひとつの状態に対応させる環境モデルによる表現を提案してきた。これは有限オートマトンモデルを拡張したものであるが、状態と制約の分離ができるために分かりやすい表現となっている。ベトリネットは正確にネットだけで全ての条件を表現しようとしているため、これらの条件が混在して表現されるため利用者には分かり難いものとなる事が多い。

環境モデルは、次の要素よりなる。

- 1) 状態、状態遷移条件といった有限オートマトン表現。これを環境遷移グラフとよぶ。
- 2) 各状態に関係するオブジェクト（利用者、データ、環境）とそれらに対する制約（例えば利用者の可能な操作）。環境の動的変更。
- 3) 環境の中に環境が定義できる環境階層。
- 4) 利用者が環境を移る条件。
- 5) 環境の異なる利用者間の通信手段などの機器の自由な定義。
- 6) 環境やオブジェクトの観測や制御。

同じ環境の利用者の並列性は表現されているが、複数の環境の並列性の議論が不十分であったため、本稿では環境モデルの拡張について検討する。

Expressions for Parallel Cooperative Work by
Environment Transition Graphs

Yahiko Kambayashi

Graduate Faculty of Informatics, Kyoto University

3. 簡単な会議の例

協調作業の簡単な例として、文献[1]に示される、参加者と司会者のみからなる会議を考える。会議の状態は次のようになる。

- S1: 誰もが話をしていない状態
- S2: ひとりの参加者が話をしている状態
- S3, 4: 司会者が話をしている状態
- S5: 参加者を追加/削除する状態
- S6: 司会者を変更する状態

さらにS3, 4は次の2つの状態に分かれる。

- S3: 参加者の話中に割り込んだ状態
- S4: 司会者が司会をしている状態

これらの状態間の遷移を示す環境遷移グラフを図1に示す。状態遷移枝には遷移のための条件がラベルとして付けられる。この場合は条件は人間によるものだけであるため、司会者による状態遷移をm、参加者による状態遷移をpで表し、そのどちらかである場合は(m, p)またはdで表わしている。例えば、S2で参加者が発言している場合、本人の発言終了でS1に戻る場合と司会者が強制的に戻す場合、さらに司会者が割り込んでS3に行く場合とがある。ワークフローではこのような条件は仕事終了条件となりグラフには陽に表現されない。

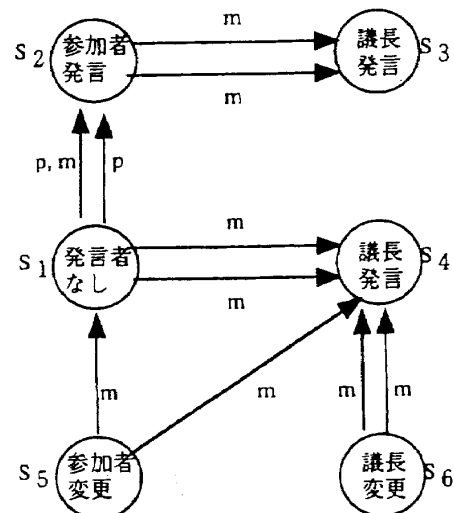


図1 環境遷移グラフ

4. 色付きベトリネットによる表現

ベトリネットは、節点は円で示されるプレースと棒で示されるトランジションからなる2部グラフで、プレースの中にあるトークンで活動が示される。表現力を増すために種々の拡張が行われており、色付きベトリネットはそれらの中でも表現能力が高いものである。文献[1]には上記の会議を図2のような色付きベトリネットで表現している（図

1にある司会者が発言中止できる機能はないが他は同じ)。参加者と司会者は色の異なるトークンで示される。この例の場合は白丸が司会者、黒丸が参加者、斜線の入った丸は会議参加資格者である。各節点が状態に対応し、各トランジションは動作に対応する。この表現には次のような問題がある。

1) 役割表現：司会者はひとりしかいないのに、制御の役割と発言の役割とがあるため、議長と会議参加者という2つのプレースに現れている。

2) 主導権表現：発言権剥奪に対応するトランジションにはpというラベルの枝とmというラベルの枝が平等に入っている。mが主導権を持って発言権を剥奪するという状況は表されていない。

3) 制御条件：発言可能を示すプレースにはyというラベルがあるがこれは制御条件を表現するためのものである。

4) 並列条件：議長に対するトークンがふたつあるため、議長は発言しながら参加者の削除か追加も行なえる。しかし、発言しながら、追加と削除の両方を行える事は表現されていない。すなわち並列条件の表現は不十分である。

1)の役割に対する表現と4)の並列性に対する表現の混在が問題である。1)と4)は別に扱うべきである。1)に対しては会議参加者のプレースを参加者のみによるプレースと司会者のプレースに分けて、後者を議長のプレースと統合するとよい。このように各プレースの中のトークンが1種のみとなるベトリネットをトークン非混在型という。一般に与えられた色付きベトリネットをトークン非混在にするアルゴリズムがある。4)は並列性までも同じネットでも表現しているために本来並列にしても問題のない部分が並列化できないこととなっている。この場合は議長のプレースを増やして並列化に対処できる。

5. 環境遷移グラフにおける並列性表現

色付きベトリネットは表現力が高いが、制約や並列条件まで表しているために、表現が分かり難しくしかも正しかどうかの検査は容易ではない。これは条件の分離によって扱う事が可能となる。環境遷移グラフは本質的には有限オートマトンであるために並列性の表記に問題がある。並列性の表現は、

1) ひとつのオートマトンを分解表現する、

2) 非決定性オートマトンを決定性オートマトンに変換する

という方法で対処できる可能性があるが、分解表現が出来ないことがあり、非決定表現では、経路のOR条件は表現できるがAND条件は直接表現できないという問題がある。AND条件も表すためには、一旦正則表現を求めてそれを満足するオートマトンを作ればよいが、そのようにすると各状態がどの環境に対応するのかが不明確で意味が掴みにくい。

ここでは、並列可能条件を列挙する方法を用いる。

図1の例では、この条件は次のようになる。

{S1, S5, S6} : 発言者がいない場合は参加者の変更と議長変更ができる。

{S4, S5}, {S3, S5} : 議長発言中に参加者変更ができる。

非両立条件 $S_i - S_j$ は S_i と S_j が並列に出来ない事を示すとして(例えば、 $S1 - S2$)、対応するグラフから並列可能条件を求める事ができる。

{S4, S5} が並列に処理されている場合、{S1, S4} がないためS5が先に終了してもS4が終了するまで待たないとS1に移ることが出来ない。このようにして、AND条件も表現できる。

本研究は特定領域研究によるものである。

[1] R.Furuta, P.David Scotts, "Interpreted Collaboration and Their Use in Groupware Prototyping," Proceedings of CSCW, pp.121-131,1994.

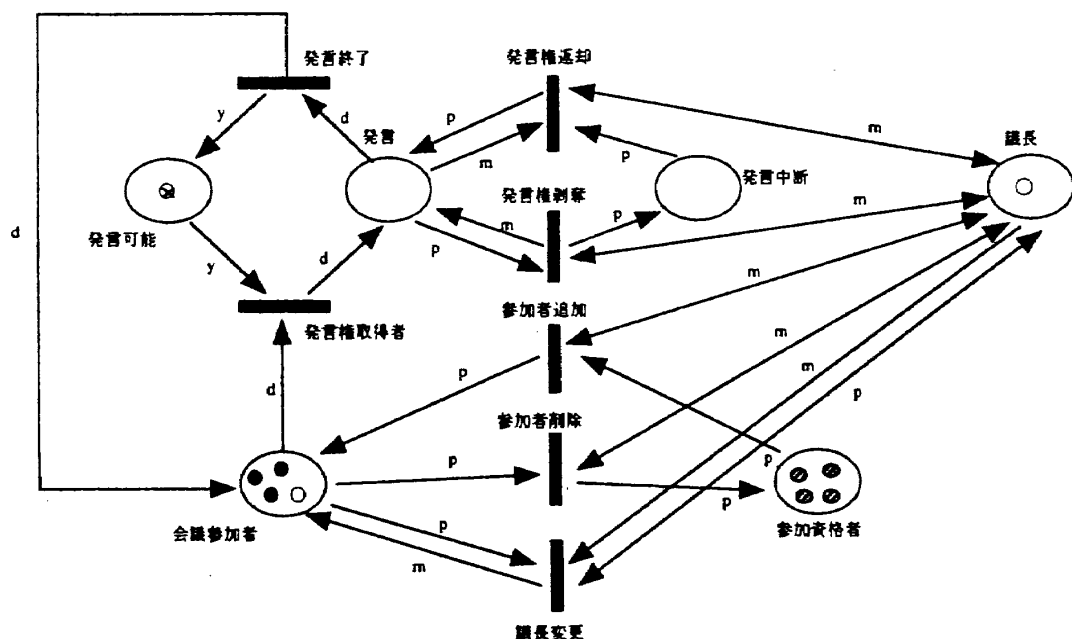


図2 会議プロトコルの色付ベトリネット表現