

# 地物の状態遷移構造と地物間の時間関係

太田守重・倉田陽平

## Feature State Transition Structure and Temporal Relationships between Features Morishige OTA and Yohei KURATA

**Abstract:** To model temporal relationships between two objects, Hornsby and Egenhofer (2000) proposed a set of cross-object transitions, while Ota (2007) introduced Comprehensive Classification of Temporal Relationships (CCTR). Ota and Kurata (2010) then extended CCTR to integrate these two ideas. However, the state transition structure in Hornsby and Egenhofer (2000) includes the existence in history as a state of objects, but not the existence in expectation. This paper, therefore, proposes an improved transition structure and proves that objects existing in the real or virtual world affect other objects more frequently than when they begin or end.

**Keywords:** 時間関係 (temporal relationship), オブジェクト間遷移 (cross-object transition), 状態遷移構造 (state transition structure), 時空間データベース (spatio-temporal database)

### 1. はじめに

オブジェクト（地物）同士の時間関係には、例えば市町村の併合・分離のように、あるものが別のものを生み出したり、別のものを取り込んだりする場合がありうるが、これについて Hornsby and Egenhofer (2000) は、オブジェクトの存在に関する 3 種類の状態 (present, non-existing with history, non-existing without history) を定義し、そのもとでオブジェクト間遷移 (cross-object transition) を分類することで 18 通りの時間関係を区別した。また太田 (2007) は、オブジェクトの変化を全順序時間と対応させたとき、変化しうるオブジェクト間の時間関係は半順序となり、非同期の関係 1, 瞬間的な関係 9 及び期間的な関係 16、合わせて 26 通りの関係に帰着することを示し、これ

を時間関係の包括的分類 (Comprehensive Classification of Temporal Relationships: CCTR) と呼んだ。ここで、前者では、オブジェクト間の関係が発生するときに、オブジェクトの状態が変化する場合を検討したが、後者の場合は、状態変化は考慮していない。そこで、太田・倉田 (2010)において、後者の時間関係は、オブジェクトの状態が変化する場合にも拡張できることを示した。

しかし、そもそも、Hornsby and Egenhofer (2000) が提案した、オブジェクトの 3 種類の状態は、モデル化すべきオブジェクトの状態全てを網羅しているのだろうか。本稿ではまずこの点について議論し、オブジェクトの状態として新たに existence in expectation (予想の中の存在) を追加する。次に、この状態を含む状態間の相互関係について検討する。さらに、この検討結果を使って、太田・倉田 (2010) の拡張を行い、状態遷移が起きる場合のオブジェクト間の相互関係の可能性を網羅する。最後に結論として、オブジェクト A がオブジェクト B に影響を与えるような状態遷移パターンとしては、オブジェクト A が実在中の場合が最も多いことを示す。

---

太田守重 〒102-0085 東京都千代田区六番町 2

国際航業株式会社技術センター

Phone: 03-6361-2456

E-mail: morishige\_ota@kkc.co.jp

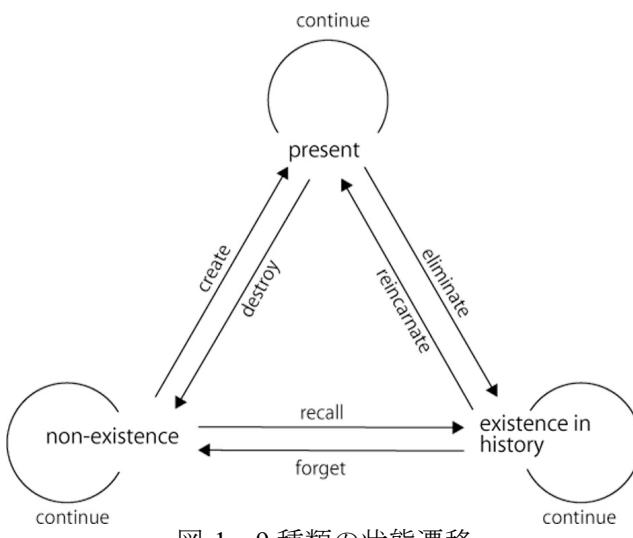
## 2. オブジェクトの3種類の状態

Hornsby and Egenhofer (2000)は、オブジェクトには3種類の状態があるとした。それは present(現存), non-existing with history(履歴あり不在), そして non-existing without history(履歴なし不在)である。Presentは、オブジェクトの存在が何らかの方法で我々が知覚できる状態を示す。non-existing with historyは、ある識別子をもつオブジェクトが過去に存在した記録はあるが、いまは無いという状態を示す。non-existing without historyはある識別子をもつオブジェクトが現存せず、また存在した記録がない状態を示す。これは、何もない状態、言い換えれば空な状態といえる。

本論文では、non-existing with historyは過去の存在と考え、existence in historyと言い換える。また、non-existing without historyは単純に non-existence と呼ぶ。

## 3. オブジェクト間の9種類の状態遷移

Hornsby and Egenhofer (2000)は、オブジェクトの3種類の状態の間には9種類の状態遷移関係が考えられるとした。これを図1に示す。



create は何もない状態からオブジェクトが発生することを示す。一方 destroy は現存していたものが消え去ってしまい、記録にも残らないことを示す。forget は記録が消えてしまうことを示す。一方 recall は忘れ去っていた記録が発見されることを示す。reincarnate は記録に残っていたものが再現すること

を示す。一方 eliminate は現存していた物が無くなり、記録が留められることを示す。三つの continue はそれぞれ、状態変化を伴わずに持続することを示す。

## 4. 4種類の状態と16種類の状態遷移

ところで、オブジェクトの存在を考えるとき、過去、現在及び未来の区別があるはずである。existence in history では、オブジェクトが以前に存在していたことに注目していた。しかし、私たちは、未来の予想も記録することができる。例えば、今10月10日だとすると、その年の10月13日に台風が上陸するとか、12月9日にパーティーが予定されているという記録は、未来の予想である。また、パーティーが、都合によって取りやめになって、その記録を破棄することもある。つまり、記録には、過去と未来の2種類ある。従って、未来の記録を記述するために existence in expectation が追加されるべきである。また、existence in history はある識別子をもつオブジェクトが現存せず、かつその存在について（実在したか否かを問わず）過去の時点の記録があることを示す。これをふまえると、オブジェクトの状態は4種類となり、オブジェクト間の状態遷移の可能性は16種類になる。図2に16種類の状態遷移を示す。

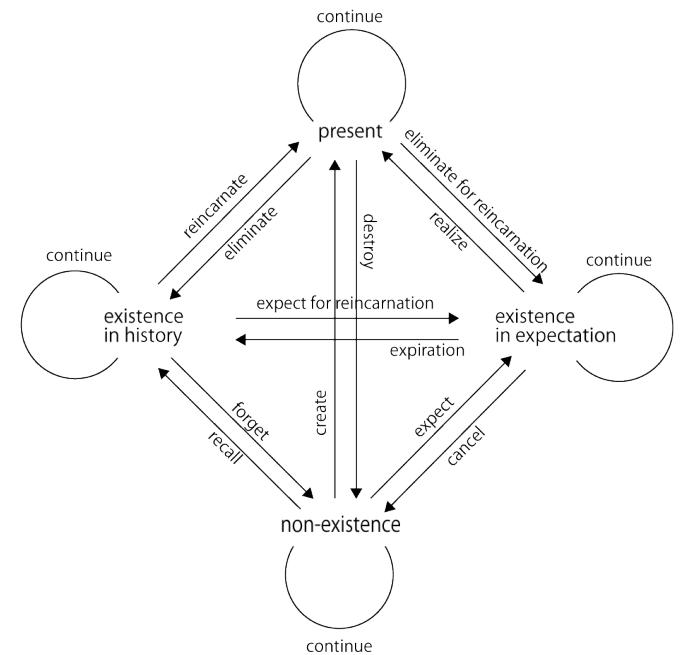


図-2 16種類の状態遷移

ここで新たに追加された7つの状態遷移を、expect for reincarnation, expiration, expect, cancel,

realization, eliminate for reincarnation, existence in expectation の continue と名付けた。Expect for reincarnation は過去にあったものごとを再現するためにオブジェクトの状態を過去の記録から未来の記録に移動することである。Expiration は「バベルの塔」や「建設中に破綻したリゾート」のように、予期されたオブジェクトが誕生することなく、そのまま記録の上の過去の存在になったことを示す。Expect は未来の何かを予想することである。Cancel は未来に起きるはずのことを取りやめにすることである。Realize は、未来に起きると予測されているものが実現することである。Eliminate for reincarnation は、現存するものがなくなるときに、再現を期待して、その存在を未来の記録とする事である（たとえば、あるイベントが、次回の開催予定を提示して終了する状態がこれにあたる）。Existence in expectation の continue は未来の予測がそのまま持続することである。

## 5. 状態遷移する 2 つのオブジェクト間の相互関係

以上の議論が受け入れられるとすると、2 つのオブジェクト間に成り立つ時間関係の可能性は  $16 \times 16 = 256$  通りある。しかし、Hornsby and Egenhofer(2000)でも指摘されているように、自分の初期状態が present でない場合は相手に影響を与えることは出来ず、また、相手のオブジェクトが変化しない場合は、自分は相手に影響を与えていないと考え、除外する。ただしここでは、自分の変化が非存在から present になる場合は除外しない。例えば、郊外に大きなショッピングモールが出来たことによって、駅前の商店街が衰退する、というように、発生が原因となって既存の物の状態が変化することがあるからである（太田・倉田（2010））。

以上の制限を当てはめて、オブジェクト A の状態変化がオブジェクト B の状態に影響を及ぼす可能性を考える。まず、オブジェクト A に許される状態遷移の可能性は 7 通りあり、それらは continue, present, eliminate, destroy, eliminate for reincarnation, reincarnate, create, そして realize である。

一方、オブジェクト B に許される状態遷移の可能性は以下の 12 通りになり、それらは eliminate, destroy, eliminate for reincarnation, reincarnate, forget, expect for reincarnation, create, recall, expect, realize, expiration, そして cancel である。

従って、オブジェクト A が B に影響を及ぼす可能性は、 $7 \times 12 = 84$  通りになる。Hornsby and Egenhofer (2000) は 18 通りの可能性を提示したが、本論文では existence in expectation を導入することにより、さらに 66 通りの時間関係の記述が可能になった。

## 6. CCTR とオブジェクト間遷移

太田 (2007) は、一定の識別子を維持するオブジェクトの変化を全順序時間と対応させたとき、変化するオブジェクト同士の時間関係は、非同期の関係 1、瞬間的な関係 9 及び期間的な関係 16、合わせて 26 通りの関係に帰着することを示した。その内から、図-3 に瞬間的な関係の分類を示す。

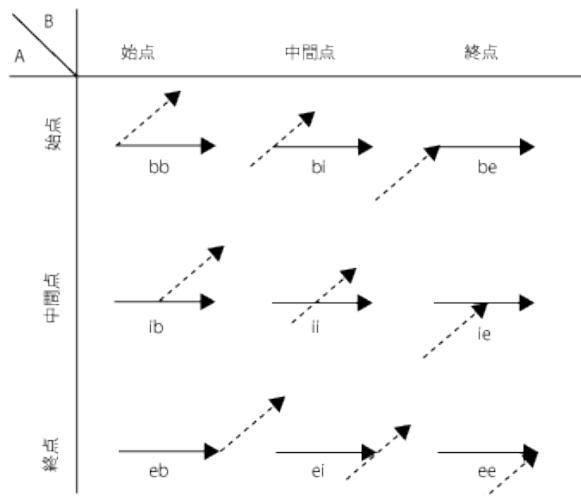


図-3 オブジェクト間の瞬間的な関係の分類

ここで、→はオブジェクトの生存期間を示す。実線はオブジェクト A、点線はオブジェクト B である。二者の時間関係は、例えば bb は開始時点が一致することを示し、bi は A の開始時点が B の生存中にあることを示す。また be は開始時点が終了時点と一致することを示す。この時間関係と、これまで議論してきたオブジェクト間遷移を比較しよう。

例えば、A が continue present の状態で B に影響を与え、B が eliminate したとする。これは、A と B の間に関係が成立した時点で B が present から existence in history になったことを示す。つまり、両者は識別子を維持した存在のままであるが、B の状態は変化したことになる。これを図-3 の規則を使用して図示すると図-4 の様になる。これは、図-3 に示す ii の関係である。

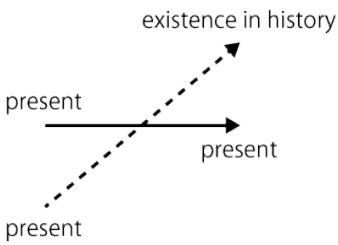


図-4 オブジェクト間遷移の時間関係（例）

この方法を使うことによって、84種類あるオブジェクト間遷移の可能性は、図-3に示す9つの関係に集約することができる。そのためには、まず、オブジェクト間遷移において実現可能な状態遷移はいつの時点で起きるかを調べる（表-1）。

表-1 実現可能な状態遷移とその発生時点

状態遷移	発生時点
Continue present	中間
Reincarnate	中間
Eliminate	中間
Create	始点
Destroy	終点
Realize	中間
Eliminate for reincarnation	中間
Expect for reincarnation	中間
Expiration	中間
Recall	始点
Forget	終点
Expect	始点
Cancel	終点

オブジェクトAに許される状態遷移は7通りあるが、表-1をみると、始点1通り、中間5通り、終点1通りになる。同様にオブジェクトBについては、始点3通り、中間6通り、終点3通りである。このことから、AがBに影響を与える可能性の数は、表-2に示すようになる。

オブジェクトAがオブジェクトBの状態遷移に影響をあたえるとき、Aが記録も含めて存在中の場合が最も多く、その可能性は60通りある。従って、状態遷移のパターンとしては、存在の開始時や終了時よりも存在中の方が、他者に影響を与える可能性が多い。また、存在中の物が存在中の物に影響を与える可能性が30通りあるが、これは存在中のものが他者の発生や消滅を促す可能性より、存在中の状態を変化させる可能性の方が多いことを示す。これ

らは、私たちの常識にも合っている。例えば、日常生活の中で、誕生や死亡が他者に影響をあたえることはあるが、存在している間の方が他者に影響を与える可能性が多いであろう。また、存在中の他者と関わる可能性の方が、他者の妊娠・誕生や病気・死亡に関わる可能性よりも多いであろう。

表-2 オブジェクト間遷移の発生可能性の数

A \ B	始点	中間	終点
始点	3	6	3
中間	15	30	15
終点	3	6	3

## 7. おわりに

本稿では、Hornsby and Egenhofer (2000)で提案されたオブジェクトの状態遷移構造を拡張し、その上でオブジェクト間遷移の再定義を行った。またこれを、太田(2007)で示された、瞬間的な時間関係の中に集約することによって、オブジェクト間遷移の発生可能性の分類を行った。その結果、オブジェクトAの存在中の時間関係の数が最も多いことが分かった。なお、*existence in history* や *existence in expectation* は *present* とは全く異なる存在とすべきかもしれないが、それは今後の課題である。

本論文のように時間関係について厳密に整理しておくことは、今後、時空間データベースが発展した段階において、利用者による自然言語的な時間関係の記述と分析に役立つと考えられる。

## 参考文献

- 太田守重 (2007) : 変化するオブジェクトの包括的な時間関係分類, 第21回人工知能学会全国大会論文集, 3D8-01
- 太田守重・倉田陽平(2010) : 地理オブジェクト同士の時間関係記述のための包括的な体系, 地理情報システム学会研究発表大会講演論文集, 19, 2D-3.
- Hornsby, K., Egenhofer, M., 2000. Identity Based Change: A Foundation For Spatio-temporal Knowledge Representation, *International Journal of Geographic Information Science* Vol. 14, No. 3, pp. 207-224