

中縮尺レベルの地理空間情報の時空間化に関する検討 Investigation about Spatiotemporalizing of Medium Scale Level Geospatial Information

地理地殻活動研究センター 中埜貴元・小荒井 衛
Geography and Crustal Dynamics Research Center
Takayuki NAKANO and Mamoru KOARAI

要 旨

様々な地理空間情報のうち、主に2万5千分1地形図のような中縮尺レベルの情報を対象に、時空間化仕様を検討し、時空間化によるメリットや効率的な更新方法について考察した。

時空間化仕様の柱となる時間情報については、時間に曖昧性を持たせた構造とし、ユーザに対して可能な限り適切な情報提供ができ、管理者にとっても整備の容易性に配慮した仕様を提案した。発消滅型データについては、既研究成果を参考にし、被覆型データについては、発消滅型データと同じ時間構造を担保できる仕様を新たに提案した。

このデータ仕様に基づいて、つくば市の研究学園駅周辺において、過去10年間の時空間データセットを構築した。そのデータ更新に要した人日数は、現状のデータ更新に比べて約2倍となり、初期データの作成手法やその後の更新手法については課題が残された。なお、本論文は研究の視点から地理空間情報の時空間化を検討したものであり、国土地理院の今後の事業の方向性を論じたものではない。

1. はじめに

地理空間情報活用推進基本法が制定されて以降、地理空間情報の重要性・必要性は益々高まり、ユーザもより高精度で新鮮な情報を求める傾向にある。そのような中で、国土地理院が整備する地理空間情報の利用価値をより高め、国土計画や環境分野、防災・減災、地域研究等の様々な分野での高度利活用を推進していくためには、地理空間情報に時間情報を付与することで、より統合的に情報を管理し、効率的に情報を提供していく必要がある。例えば、2万5千分1地形図に代表される基本図は、国土表層部の実態を統一的な基準で表現したものであり、その変遷を捉える事ができれば、国土計画に資する情報や環境変化に関する情報を提供することができる。また、災害時における地理空間情報の時間管理の重要性は、兵庫県南部地震を契機に指摘されている(畑山・松野, 2000)。さらに、地域研究において基礎的な作業である事象の発生場所の地図上へのプロット、複数のプロットの重ね合わせによる分布の比較、事象の時間順序による並べ替え及びそれらの因果関係の導出等は、「場所 (where)」と「時間 (when)」、す

なわち時空間情報を基盤としており、地域情報学のあらゆる場面において重要な役割を果たすと考えられている(原・柴山, 2007)。

そこで本研究では、国土地理院が整備する中縮尺レベルの情報(ベクタ, ラスタデータ)をモデルに、時間情報を付与(時空間化)すべき情報は何か、また、どのように時空間化すべきか(時空間化の仕様)を検討し、時空間化によるメリットや効率的な更新方法について考察した。

2. 地理空間情報の時空間化

2.1 時空間化の考え方

地理空間情報の時空間化に関しては、これまでに様々な研究がなされてきている。例えば、畑山ほか(1999)は空間情報に時間軸を導入し、履歴情報を残すことにより、時々刻々と変化する状況を記述し、実時間でのデータ更新を実現するトポロジー構造算出(位相暗示)型の時空間地理情報システム(DiMSIS)を構築している。このシステムで取り扱われるデータの要素は、位置情報に時間情報が統合された時空間情報として構成され、時間情報は図-1に示すような要素の生存(存在)期間を示すことができる4つの時間(発生開始(SS), 発生完了(SE), 消滅開始(ES), 消滅完了(EE))で表現されている。

太田(1999)は、2次元の空間データモデルに時間の概念を加えた時空間スキーマを定義している。ここでの地物モデルは、オブジェクト指向に基づいて定義されており、一度発生するとある期間、時間に変化しても位置と形状が変化しない道路、建物、鉄道等の地物を「静的な地物」と呼び、静的な地物を構成する空間プリミティブ(構成要素)は、その存在期間のみによって時間特性を示すことができるとしている。これらのモデルは、発生時刻から消滅

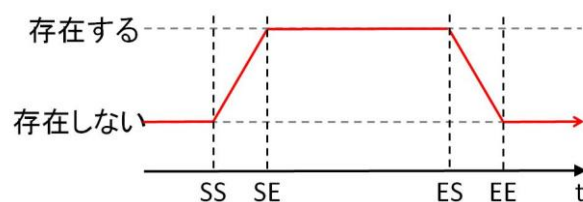


図-1 地物(要素)の存在期間を示す時間情報の概念図。畑山ほか(1999)を改変。

時刻までの期間が定義されている地物には適用できるが、そうでないものについては適用できず、このような場合には、消滅時刻を推定するか、永遠に存在すると仮定する必要があると述べている。

また、関本・柴崎(2000)は地物だけではなく観測データも含んだ拡大時空間データモデルを提案している。これらは、地物や空間的現象を空間座標(x, y)と、空間と独立した時間tとの組み合わせで表現するモデルである。

中西ほか(2003)は、国土地理院の数値地図25000, 2500を対象に、空間属性、時間属性、主題属性を一元管理するシステムを構築している。このシステムにおける時間属性は、数値地図25000の一部の地物(基準点等)のみで記述されている4属性(開始時, 不確定な開始時, 不確定な終了時, 終了時)を採用している。

このほかにも、埼玉大学工学部大沢研究室(2001)、根岸・大沢(2008)は、すべての地図要素に時間情報(開始時刻と消滅時刻)を設定できる、トポロジー構造算出(位相暗示)型の時空間情報管理システムを開発している。

国土地理院においても、久保ほか(1999, 2000)、門脇ほか(2001)、明野ほか(2002)などにより空間情報に時間情報を組み込むための仕様検討がなされている。久保ほか(1999, 2000)では、空間的な分布が重要な空間情報(例えば、地形、建物位置、法的な規制、植生等)と空間的低次元情報であるが短時間の変化が重要な時系列情報(例えば、水位、雨量、交通量等)を自由に組み合わせて利用するための研究開発を目的としており、地物は幾何要素、時間要素、主題要素から構成され、時間要素は開始時間と終了時間を持ち、地物が新規に輸入・削除されたハードウェアに依存する物理的な時間情報、実際の地物が生成・消滅した実世界における時間情報の2つの要素を持つ。門脇ほか(2001)では、刊行済みの数値地図2500(空間データ基盤)を対象に、現行のデータ構造を可能な限り変更せずに時系列管理が可能な仕様を検討し、ID管理された幾何情報、属性情報、履歴情報に、発生確認日、消滅確認日、更新日を付与している。明野ほか(2002)は、旧版地形図を用いて道路ネットワークの時空間データを試作している。

以上の時空間化仕様において、時間情報の付与の仕方は、大きく2つの手法に分けることができる。

1つは、畑山ほか(1999)等で採用されているように、時間を1つの次元として付与する方法、もう1つは門脇ほか(2001)等で採用されている時間情報を地物の属性情報として付与する方法である。前者で付与される時間情報は、地物そのものが存在する期間を示すものであり、地物の属性情報(例えば建

物の所有者、道路管理者等)の継続期間は、別途属性情報として付与される。この方法は、比較的頻繁に発生・消滅するような情報(例えば人の動きや交通規制情報等)を扱う際に適しているが、このデータを扱うには専用に構築されたシステムが必要となる。後者においては、地物の存在期間も属性情報の継続期間も属性情報として扱うため、一般的なGISソフト等でデータを解析することが可能であるが、頻繁に変化する情報に適用するとデータ量が膨大になる欠点がある。本研究では、先述の頻繁に変化する情報に比べて、比較的变化の頻度が低い地理空間情報(例えば、交通網の供用や土地被覆変化等)を対象としており、また、従来の数値地図のようにデータを一般に提供し、解析等に使用してもらうことを想定しているため、後者の属性情報として付与する手法を採用した。

2.2 時空間化によるメリット

地理空間情報を時空間化することによるメリットを、主に国土地理院の地理空間情報に採用した場合についてまとめる。

2万5千分1地形図に代表される各種地形図(紙地図)や数値地図は、従来、ある時間断面(スナップショット)の情報として作成・提供されており、そこに含まれるデータ(地物)はすべて同じ時間情報(修正履歴や刊行日)しか持っていない。また近年、国土地理院の地形図データは地物単位で修正されており、高速道路や国道、鉄道、空港等の重要地物が発生した際には、同時刊行や供用開始後3ヶ月以内の公開等、準リアルタイム的な修正が行われているが、この場合、地物によって修正頻度が異なるため、ある時点のある範囲のデータには様々な時期に修正された地物が混在することになる。この状態で刊行された紙地図や数値地図、電子国土Webシステム画面上では、どの地物がいつ修正されたものか(いつから存在するものか)、データ管理者にもひと目で判断できず、ユーザからの問い合わせ等に対処できない。また、提供頻度の低い刊行図や数値地図上では、更新頻度の高い主要地物の特性が十分に生かされない。

一方、地物ごとに時間情報を持った(時空間化された)地理空間情報の場合、理想的には任意の時間断面の空間データが作成可能であり、ユーザが指定する日付の地形図等を出力することができる。すなわち、最新状態のデータのみならず、過去に遡ってその時点で最適な状態の空間データをオンデマンド的に提供可能となり、管理・提供体制さえ確立されれば、紙地図等の在庫管理が不要となると考えられる。また、抽出されたデータには、地物ごとに存在期間(発生時刻)が保持されているため、その地

物がいつから存在するのか、データ上で確認できる。さらに、日々の更新作業がそのままアーカイブデータの作成作業に直結する。

ここまでは比較的更新頻度の高い交通網データ等について考察してきたが、建物、自然地物、土地の利用景（土地被覆）、地形情報のような更新頻度が低い地物や被覆型情報について考えてみる。これらの情報はこれまでのように、ある時点のスナップショットデータを時系列管理すれば十分とも考えられるが、地物単位で修正される以上、先述したように、ある範囲のスナップショットデータにはその範囲内で時間的な不整合（ムラ）が生じてしまう。時間的な不整合のない全国シームレスなデータを時系列で管理するには、全国を一度にまとめて修正・更新する必要があり、実質的に部分的な更新しか実行できない現状では、地物ごとに存在期間を持つことで時間的な不整合を表現できる時空間管理が適していると考えられる。

また、時間情報を付与することで、時間をキーに各地物を統合することも可能となるため、従来、情報のソースは同一でありながら個別に整備され、情報が一部重複しているような項目（例えば、地形図の等高線とDEM、地形図の土地の利用景（土地被覆）と土地利用など）を統合して効率的に整備・管理することも可能となると考えられる。

2. 3 時空間化するべき地理空間情報項目

国土地理院が整備している多くの地理空間情報のうち、時空間化に適した情報（地物）を表-1に示す。電子国土基本図（地図情報）のようなオブジェクト指向型データの他、主題情報である数値地図5000（土地利用）データや標高（DEM）データも対象となり得る。

以上のデータはその特性から、2つのデータ型に分けられる。1つは地物単位で管理する交通網データや建物データ等で、これらは個別に発生・消滅することから、本稿では「発生消滅型データ」と呼ぶことにする。もう1つは、土地利用や標高データのような、どの時刻にも必ず面的に存在するもので、本稿では「被覆型データ」と呼ぶ。先述の時空間化するべき地理空間情報をこれら2つの型に分類し、表-1に整理した。なお、電子国土基本図（地図画像）の土地利用、地形については、概念的には数値地図5000（土地利用）やDEMデータと同様、常に何らかの形で存在するものであるため、被覆型データと言えるが、現状のデータ構造上は発生・消滅を繰り返すため、発生消滅型データとなる。

以上のように、周期的な更新を伴う情報項目はすべて時空間化の対象となり得て、データのスキームを統一する観点から、基本的にはこれらすべての項

目が時空間化されるべきと考える。ただし、実際はすべての項目の時間情報を入手することは困難であることから、データ構造は時空間化に対応しながらも、時間情報の更新は全面更新時等に一括して実施する項目も存在することになる。

表-1 各地理空間情報のデータ構造とデータ型

データ名称	現状のデータ構造	データの型
電子国土基本図(地図情報)		
基準点	ポイント	発生消滅型
河川、湖沼及び海	ポイント、ライン、ポリゴン	発生消滅型
道路・鉄道	ポイント、ライン、ポリゴン	発生消滅型
建物	ポイント、ポリゴン	発生消滅型
構造物	ポイント、ライン、ポリゴン	発生消滅型
土地利用	ポイント、ライン、ポリゴン	発生消滅型(被覆型)
地形	ポイント、ライン、ポリゴン	発生消滅型(被覆型)
水部地形	ポイント、ライン	発生消滅型
地名・境界	ポイント、ライン、ポリゴン	発生消滅型
※注記はポイント扱いとする		
細密数値情報	メッシュ	被覆型
数値地図5000(土地利用)	ポリゴン	被覆型
数値地図 * mメッシュ(標高)	メッシュ	被覆型

2. 4 時空間データ仕様

本研究では、それぞれのデータ特性に応じて最適な仕様を設定するため、前節で示した2つのデータ型に分けて仕様を検討した。以下、それぞれについてまとめる。

2. 4. 1 発生消滅型時空間データ仕様

発生消滅型データに属する地物は、図-1で示した4つの時間情報を付与することができる。例えば道路の場合、発生開始日（SS）は工事開始日（着工日等）、発生完了日（SE）は供用開始日、消滅開始日（ES）は供用廃止日、消滅完了日（EE）は道路撤去日と考えることができる。SSとEEについては、現実的には確定が困難な場合が多く、かつ、その定義を実務的な効率性等も考慮して決定する必要があるが、本研究では、これら4つの時間情報をデータ仕様として採用した。4つの時間情報を付与することの利点は以下のとおりである。

(1) 交通網や空港等、建設に時間のかかる地物の建設中期間を1つの地物データで表現することができる。

(2) SEやESは、基本的に行政資料(官報等)により日付を確定することができるが、それが困難な場合に、時間に曖昧性を持たせることが可能となり、更新頻度が低い場合のデータを任意の日付で切り出す場合でも、より適切な状態の情報を抽出することができる。

上記(1)で記した建設中期間は、SSとSEの日付の間に相当する。また、上記(2)について詳細に説明する(図-2)。例えば、高速道路や国道、県道、鉄道等の主要交通施設、公共施設、大規模建物等の好目標物、地名・境界等のSEやESは官報等の行政資料で確認できる可能性が高いが、市道や一般の建物、自然地物等については、日付の確定が困難な場合が殆どと考えられる。その場合は、地物の変化が確認できる空中写真や衛星画像等の資料により日付を確認することになる。すなわち、変化日が確定できない地物のSEは、「存在することが初めて確認できる資料(空中写真等)の日付(撮影日)」、ESは「存在することが確認できる最後の資料の日付」となる。SSとEEも確定できない場合が多いため、資料の日付を採用することになり、SSは「存在しないことが確認できる最後の資料の日付」、EEは「存在しないことが初めて確認できる資料の日付」となる(SSは「建設中であることが初めて確認できる資料の日付」、EEは「解体中であることが確認できる最後の資料の日付」とも定義することが可能であるが、資料の存在の確実性から、先述の定義をメインとした)。このような資料が存在しない場合は、SS=SE、EE=ESとする。このように定義した場合、SEやESが確定できないある地物は、SSからSEの期間に発生、またはESからEEの期間に消滅した、という曖昧性を持って表現することが可能となる。

以上を考慮し、発生消滅型データのデータ構造は表-2に示す固定長データとした。すなわち、ある道路が拡幅され、幅員が異なる道路となった場合、

地図上では道路中心線の幾何形状が変化しない場合でも、道路縁位置は大きく変化することから、拡幅前の道路は一度消滅し、拡幅後の道路が新たに発生したとみなす。国道等の属性情報の変化に対しては、その属性情報に対する時間情報(発生日、消滅日)を同じ属性テーブル上に付与することも考えられるが、データ構造の複雑化を避けるため、本研究では上記の拡幅例と同様に扱った。なお、曖昧性を補間する情報として、時間情報の情報源を示すフラグを立てられる構造としている。

表-2 発生消滅型データのデータ構造(道路の例)。時間情報は幾何形状に対応するもののみ表示。

ユニークID	道路種別	道路区分	道路幅員	道路名称	発生開始日	発生終了日	消滅開始日	消滅終了日	官報・異報使用フラグ
(8桁)	(1桁)	(1桁)	(3桁)	(text)	(8桁)	(8桁)	(8桁)	(8桁)	(1桁)

2. 4. 2 被覆型時空間データ仕様

被覆型データに属する土地利用データや地形(DEM)データには、図-3に示す時間情報の考え方を採用した。土地利用や地形は、大規模造成等を除いてその変化時点を確定することが難しく、空中写真等の資料により変化日を確認することになる。例えば、時刻 T_{true} に属性Aが属性Bに変化した場合を考える。 T_{true} を確定できる資料がない場合、その前後の資料を確認し、「Aが確認できる(Bが確認できない)最後の資料の日付」(T1)、「Bが確認できる(Aが確認できない)最初の資料の日付」(T2)を得ることができれば、属性AはT1からT2の間に消滅し、属性Bは同期間に発生したことがわかる。すなわち、T1は属性AのESかつ属性BのSS、T2は属性AのEEかつ属性BのSEとなる。なお、 T_{true} が確定できれば、 $A(ES) = A(EE) = B(SS) = B(SE) = T_{true}$ となる。

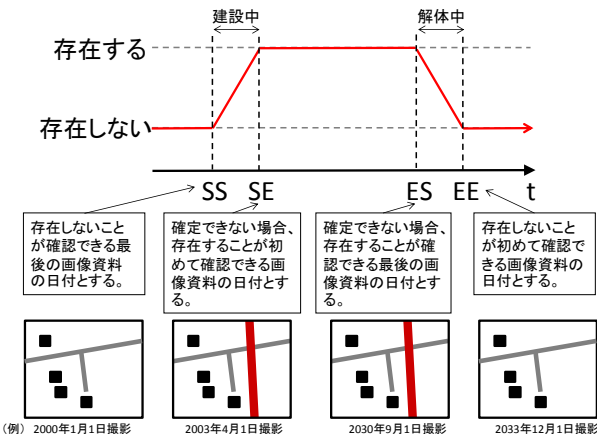


図-2 曖昧性を考慮した発生消滅型データの時間情報の考え方

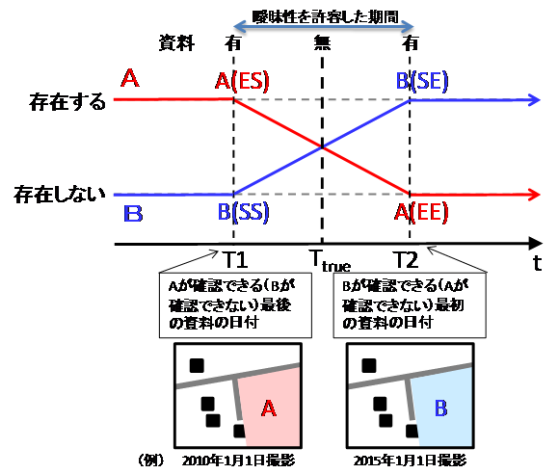


図-3 曖昧性を考慮した被覆型データの時間情報の考え方

以上を考慮し、被覆型データのデータ構造は表-3に示す可変長データとした。すなわち、属性が変化したメッシュについてのみ更新していくことになり、管理が容易になる。なお、ポリゴンデータについては、畑山ほか(1999)のように位相暗示型のデータを構築すれば管理が可能であるが、それには専用のシステムを要すること、また位相明示によるID管理も非常に複雑になることから、本研究では被覆型データについてはメッシュデータによる管理を提案する。

表-3 被覆型データのデータ構造(土地利用の例)。標高の場合は土地利用属性欄に標高値が入る。

ユニークID	初年月日(西暦)	左記年の土地利用コード	左記土地利用の消滅開始年月日(1回目変化の発生開始年月日)(西暦)	左記土地利用の消滅完了年月日(1回目変化の発生完了年月日)(西暦)	1回目変化後の土地利用コード	~
(8桁)	20000101	(4桁)	(8桁)	(8桁)	(4桁)	~
~			(n-1)回目変化の消滅開始年月日(n回目変化の発生開始年月日)(西暦)	(n-1)回目変化の消滅完了年月日(n回目変化の発生完了年月日)(西暦)	n回目変化後の土地利用コード	
~			(8桁)	(8桁)	(4桁)	

2. 5 地物変化の具体例

ここまで、概念や仕様等について述べてきたので、ここで地物変化の具体例を示す。

2. 5. 1 道路変化の具体例

道路変化の具体例を図-4および表-4に示す。

- 道路R4系が時刻T3~T4の間に新設されたとする。道路R3は道路R4系が新設されたことで分割され

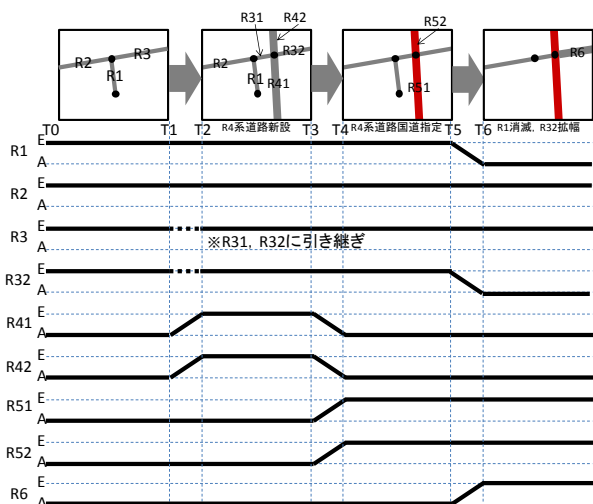


図-4 道路変化の具体例。図中のR番号は各フィーチャのID番号、黒点は節点、T番号は時刻、「E」は存在を、「A」は存在しないことを示す。

るが、幾何形状や属性変化を伴わない分割の場合は、IDのみ変化(R3→R31, R32)して、元の時間情報は引き継ぐ。

- 道路R4系が時刻T3~T4の間に一般道から国道に変化した場合、R4系は一度消滅し、新たにR5系の道路が発生したとみなす。
- 道路R32が時刻T5~T6の間に拡幅された場合、新たにR6の道路が発生したとみなす。

表-4 図-4の道路変化の時間情報。SS~EE列の記号は図-4中の時刻を示す。存在中の地物のES, EEには、入力可能な最大数値(99999999)を付与。

フィーチャID	SS	SE	ES	EE
R1	T0	T0	T5	T6
R2	T0	T0	99999999	99999999
R3	T0	T0	99999999	99999999
R32	T0	T0	T5	T6
R41	T1	T2	T3	T4
R42	T1	T2	T3	T4
R51	T3	T4	99999999	99999999
R52	T3	T4	99999999	99999999
R6	T5	T6	99999999	99999999

2. 5. 2 建物変化の具体例

建物変化の具体例を図-5および表-5に示す。

- 建物H1の属性が時刻T3~T4の間に変化した場合、H1はその間に消滅し、新たにH4が発生したものとす。
- 建物H2が時刻T3~T4の間に形状変化(増設)した場合、H2はその間に消滅し、新たにH5が発生したものとす。また、H5の属性が時刻T5~T6に変化した場合、H5はその間に消滅し、新たにH6が発生したとみなす。

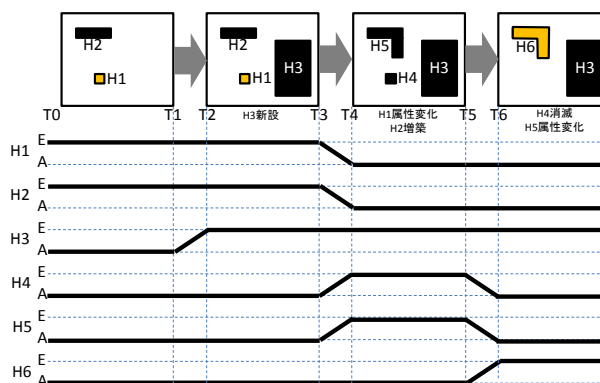


図-5 建物変化の具体例。図中のH番号は建物フィーチャのID番号、T番号は時刻、「E」は存在を、「A」は存在しないことを示す。建物の色の違いは属性の違いを示す。

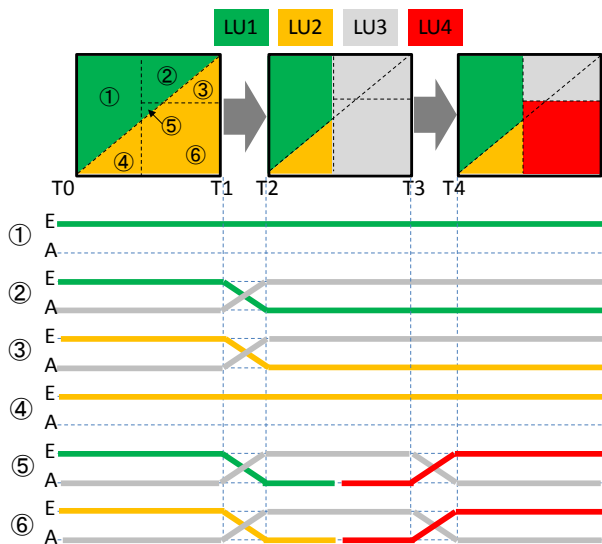
表一五 図一五の建物変化の時間情報。SS~EE 列の記号は図一五中の時刻を示す。存在中の地物のES, EEには、入力可能な最大数値(99999999)を付与。

フィーチャID	SS	SE	ES	EE
H1	T0	T0	T3	T4
H2	T0	T0	T3	T4
H3	T1	T2	99999999	99999999
H4	T3	T4	T5	T6
H5	T3	T4	T5	T6
H6	T5	T6	99999999	99999999

2. 5. 3 土地利用変化の具体例

土地利用変化の具体例を図一六および表一六に示す。ここでは、土地利用を領域で示しているが、各領域を各メッシュに置き換えても同様である。

- ・領域①の土地利用は、LU1のまま変化なし。
- ・領域②, ③の土地利用は、時刻 T1~T2 の間に LU1 から LU3 に変化。
- ・領域④の土地利用は、LU2 のまま変化なし。



図一六 土地利用変化の具体例。図中の丸番号は領域を示す番号, LU 番号は土地利用の分類, T 番号は時刻, 「E」は存在を, 「A」は存在しないことを示し, 線の色は土地利用の色に対応。

表一六 図一六の土地利用変化の属性および時間情報

領域番号	土地利用 1	SS	SE	土地利用 2	SS	SE	土地利用 3
		ES	EE		ES	EE	
①	LU1	-	-	-	-	-	-
②	LU1	T1	T2	LU3	-	-	-
③	LU2	T1	T2	LU3	-	-	-
④	LU2	-	-	-	-	-	-
⑤	LU1	T1	T2	LU3	T3	T4	LU4
⑥	LU2	T1	T2	LU3	T3	T4	LU4

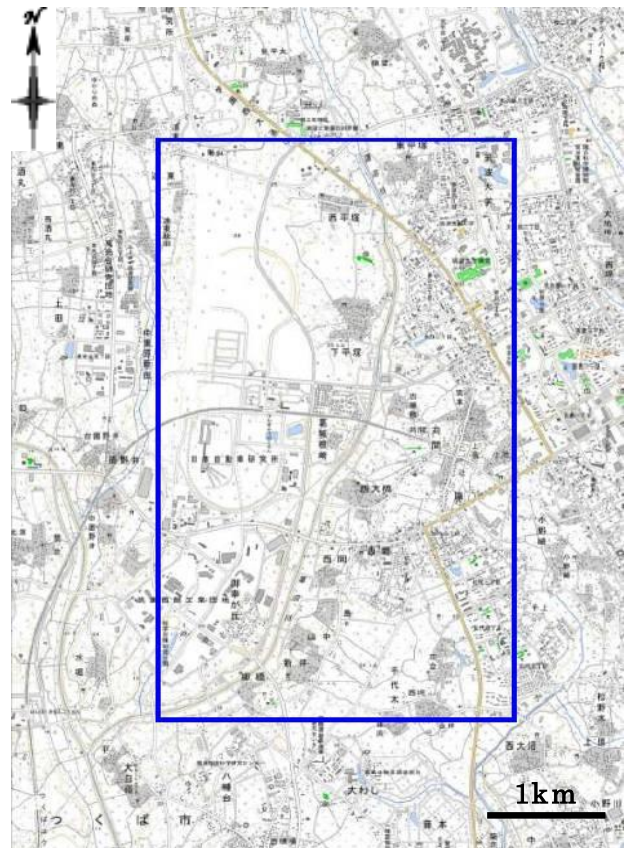
- ・領域⑤の土地利用は、時刻 T1~T2 の間に LU1 から LU3 に、時刻 T3~T4 の間に LU3 から LU4 に変化。
- ・領域⑥の土地利用は、時刻 T1~T2 の間に LU2 から LU3 に、時刻 T3~T4 の間に LU3 から LU4 に変化。

3. 時空間データの試作と地形図描画

3. 1 データの概要

先で検討した時空間化仕様に基づき、近年変化の激しいつくば市の研究学園駅周辺を対象に時空間データセットを試作した(図一七)。対象期間は、つくばエクスプレスの開通前後の2000年~2009年とした。2章で述べたように、時空間化の対象となる項目はほぼすべてと考えられるが、本研究では、最低でも作成した時空間データセットの国土計画や環境計画における有効性が検証でき、地形図描画した際に背景図として耐え得る項目を選択した。選択した項目の概要を表一七に示す。

各地物の属性情報については、基本的に電子国土基本図取得基準(案)や平成14年2万5千分1地形図図式、数値地図5000(土地利用)の分類項目に従ったが、必要に応じて加除修正した。データ形式はJPGIS準拠のXML形式とした。



図一七 時空間データセットの作成範囲(15km². 2万5千分1地形図「上郷」「谷田部」)

表-7 各データ項目の概要

交通網データの概要		土地利用データの概要	
ベースデータ	数値地図5000(土地利用)の道路用地ポリゴン(電子国土基本図(地図情報)の代用)	ベースデータ	数値地図5000(土地利用)
データタイプ	ライン(中心線)及びポリゴン(道路面)	データタイプ	メッシュ、ポリゴン
対象	全道路	土地利用分類	1.広葉樹 2.針広混交林 3.針葉樹 4.竹林 5.荒地 6.その他山林・荒地等 7.田 8.畑 9.茶畑 10.その他の樹木畑 11.造成中地・空地 12.工業用地 13.住宅用地 14.商業業務用地 15.道路用地 16.公園・緑地等 17.その他の公共公益施設用地 18.河川・湖沼等 19.その他
道路種別	1.庭園路 2.石段 3.一般道 4.高速道路 5.軽車道 6.徒歩道 7.その他	分類方法	画像判読、差分抽出(NDVI等)
道路区分	1.国道 2.県道 3.市道 4.その他の道路	時間情報	発生開始日(SS) 発生完了日(SE) 消滅開始日(ES) 消滅完了日(EE)
幅員	真幅値	更新に使用した資料	空中写真、衛星画像
名称	道路名称	更新に使用した資料	空中写真、衛星画像
時間情報	発生開始日(SS) 発生完了日(SE) 消滅開始日(ES) 消滅完了日(EE)		
更新に使用した資料	官報、空中写真、衛星画像		
地形(DEM)データの概要		建物データの概要	
ベースデータ	・GISMAPの10mメッシュ標高(2001年) ・航空機レーザによる5mメッシュ標高(2005年) ・航空レーザによる2mメッシュ標高(2008年)	ベースデータ	衛星画像、空中写真(オルソ画像)から新規取得
データタイプ	メッシュ	データタイプ	ポリゴン
判別方法	数値が5m以上または2m以上(LIDAR同士の場合)変化+写真判読で確認	対象	短辺または直径が5m以上
時間情報	発生開始日(SS)、発生完了日(SE) 消滅開始日(ES)、消滅完了日(EE)	種別	1.普通建物 2.公共建物
更新に使用した資料	空中写真、旧版地形図	名称	ランドマーク的建物の名称を取得
		形状、幅員	真形
		時間情報	発生開始日(SS) 発生完了日(SE) 消滅開始日(ES) 消滅完了日(EE)
		更新に使用した資料	衛星画像、空中写真
水系データ(H21年度作成)			
ベースデータ	数値地図5000(土地利用)の河川・湖沼等ポリゴン		
データタイプ	ライン(中心線)及びポリゴン(水涯線)		
対象	全データ		
種別	1.一条河川 2.二条河川 3.湖沼		
名称	主要河川の名称を取得		
形状、幅員	真幅値(ただし、幅5m未満は一条表示)		
時間情報	発生開始日(SS) 発生完了日(SE) 消滅開始日(ES) 消滅完了日(EE)		
更新に使用した資料	空中写真、衛星画像		

3. 2 データの作成方法

本研究では、時空間データセットの作成・更新に要する人日数等も検討するため、まず2000年1月1日のデータを作成してから、順次更新していく手法をとった。変化時間情報の収集に用いた画像資料の

撮影年月日を表-8に示す。

2000年のデータについて、項目ごとの要点を以下に示す。

(1) 交通網データについては、電子国土基本図(地図情報)の図式による地図表現が可能な縮尺レベル

表－8 変化時間情報の収集に用いた画像資料の撮影年月日

撮影年月日	画像資料の種類
1999年6月12日	空中写真
2000年2月25日	IKONOS 衛星画像
2000年10月6日	空中写真
2000年12月26日	IKONOS 衛星画像
2001年11月16日	空中写真
2002年5月26日	IKONOS 衛星画像
2002年9月20日	空中写真
2003年12月10日	IKONOS 衛星画像
2004年11月4日	空中写真
2005年11月	空中写真(オルソ画像)
2005年12月1日	空中写真
2008年1月	空中写真(オルソ画像)
2009年4月7日	GeoEye-1 衛星画像
2009年11月29日	GeoEye-1 衛星画像

のデータとして、数値地図 5000 (土地利用) に含まれる道路面データをそのまま使用し、そこから道路中心線も生成した(鉄道データは存在しない)。なお、数値地図 5000(土地利用)のデータは、必ずしも 2000 年 1 月 1 日の状態を示しているわけではないため、1999 年 6 月 12 日撮影の空中写真および 2000 年 2 月 25 日撮影の衛星画像 (IKONOS 画像) を参照して、2000 年 1 月 1 日に存在していたと推定されるもののみを採用した。

(2) 土地利用データは、2000 年作成の数値地図 5000 (土地利用) のポリゴンデータをそのまま使用し、メッシュデータはそれをメッシュ化したものを使用した。なお、土地利用については、画像判読だけでは分類が困難な項目も多く、交通網データのように 2000 年 1 月 1 日前後の画像資料による存否推定が困難であったため、元データの属性をそのまま 2000 年 1 月 1 日とみなした。そのため、その後の変化として土地利用的にあり得ない変化 (例えば、宅地→森林) が生じている箇所が存在する。

(3) 地形データ (DEM) は、2008 年に計測された航空レーザ測量による DEM データ (以下、「2008 年 LiDAR_DEM」という。) から遡る形で作成した。2005 年計測の航空レーザ測量による DEM ((以下、「2005 年 LiDAR_DEM」という。)) と 2008 年 LiDAR_DEM とを比較し、2 m 以上の高さ変化のあった箇所をオルソ画像で判読し、地形変化があったと認められる箇所のみ変化箇所とし、2005 年 LiDAR_DEM の標高値を割り当てた。さらに、2005 年 LiDAR_DEM と 2001 年作成の 10mメッシュ標高データ (北海道地図作成) とを比較し、5 m 以上の高さ変化があり、空中写真、衛星画像およびオルソ画像で地形変化が認められた

箇所を変化箇所として、2001 年の 10mメッシュ標高値を割り当て、2000 年の標高値とみなした。すなわち、2001 年から変化のない箇所の標高値は、2008 年 LiDAR_DEM の標高値となっている。

(4) 建物データは、既存の情報入手できなかったため、2005 年のオルソ画像から新たに描画して生成し、1999 年撮影の空中写真および 2000 年撮影の衛星画像を判読して、2000 年 1 月 1 日時点で存在していると推定される建物のみを抽出した。なお、2000 年～2005 年の間に消滅した建物については、オルソ化された 2000 年の衛星画像を用いて描画・生成した。

(5) 水系データは、数値地図 5000 (土地利用) に含まれる水部データをそのまま用いたが、道路データと同様、2000 年前後の空中写真、衛星画像を参照して、2000 年 1 月 1 日に存在していたと推定されるもののみ抽出した。

2000 年 1 月 1 日以降の変化は、空中写真や衛星画像等を用いてほぼ 1 年ごとに確認し、各地物の時間情報 (存在期間) を取得した。なお、県道以上の主要道路、鉄道、大規模建物、宅地造成等、供用開始日や供用廃止日が官報等の行政資料で確認できるものについては、それらを時間情報として取得し、それがわかるようにフラグを立てた。

3. 3 データ作成に要した人日数

時空間データの作成に要した人日数を、2000 年時点のデータ作成とそれ以降の更新とに分けて表－9 に示す。今回作成したデータは 15km² であるため、2万5千分1地形図1図葉 (100km²) 当たりに換算

表－9 時空間データセット作成に要した人日数

2000 年時点の地理空間情報の作成に要した人日数		
項目	人日数(/15km ²)	人日数(/1図葉)
交通網	2	13
土地利用(メッシュ)	10	66
地形(DEM)	3	20
建物	7	46
水系	9	60
合計	31	205
2000 年以降の変化時間情報入手と時空間データ更新に要した人日数		
項目	人日数(/15km ² /年)	人日数(/1図葉/年)
交通網	1.2	8
土地利用(メッシュ)	1.2	8
地形(DEM)	0.4	3
建物	0.9	6
水系	1.1	7
合計	4.8	32

した値も示した。また、2000年以降の修正については、1年単位の値に換算している。

これらの値は、一般の地域よりも変化の激しいくば市を対象としたもので、かつ、整備項目も地形図と異なるため、単純には比較できないが、2000年以降の更新に関しては、現状の2万5千分1地形図修正の2倍程度の人日数となっている。

3. 4 時空間データによる地形図描画

作成した時空間データセットを用いて、背景地図を意識した地形図描画を行った。今回作成した時空間データセットは独自のデータ形式であり、一般のGISソフトウェア等では扱えないことから、このデータセットから指定した日付のデータを抽出・描画できるソフトウェアを開発した。

図-8に2000年1月1日と2009年1月1日のデータを抽出して描画したものを示す。描画の図式は、基本的に電子国土基本図の取得基準(案)と平成14年2万5千分1地形図図式を準用しているが、取得した属性情報が異なる地物については、今回独自に図式を設定した。この図で示されるように、今回作

成したデータセットで、背景地図として耐え得るような、基本的な地形図描画が可能であることがわかった。

4. 時空間データの効率的な更新に関する検討

3章で述べたように、時空間データの整備・更新には多くの時間を要するため、効率的な整備・更新手法について検討した。

4. 1 地物ごとの整備体制と適切な更新周期設定

時空間化仕様でデータを整備することで、時間をキーに各情報を統合することができることから、交通網、建物、土地被覆(植生)、地形、自然地物、地名等を部署ごとに個別に整備することが可能となる(図-9)。これにより、煩雑な整備工程が簡素化され、整備・更新がスムーズになる可能性がある。また、適切な更新周期は地物ごとに異なるため、ユーザのニーズに応じた更新周期設定が必要である。更新周期が異なっても、時空間化されていることで、指定された時点に最も近い状態の情報を抽出することが可能となる。

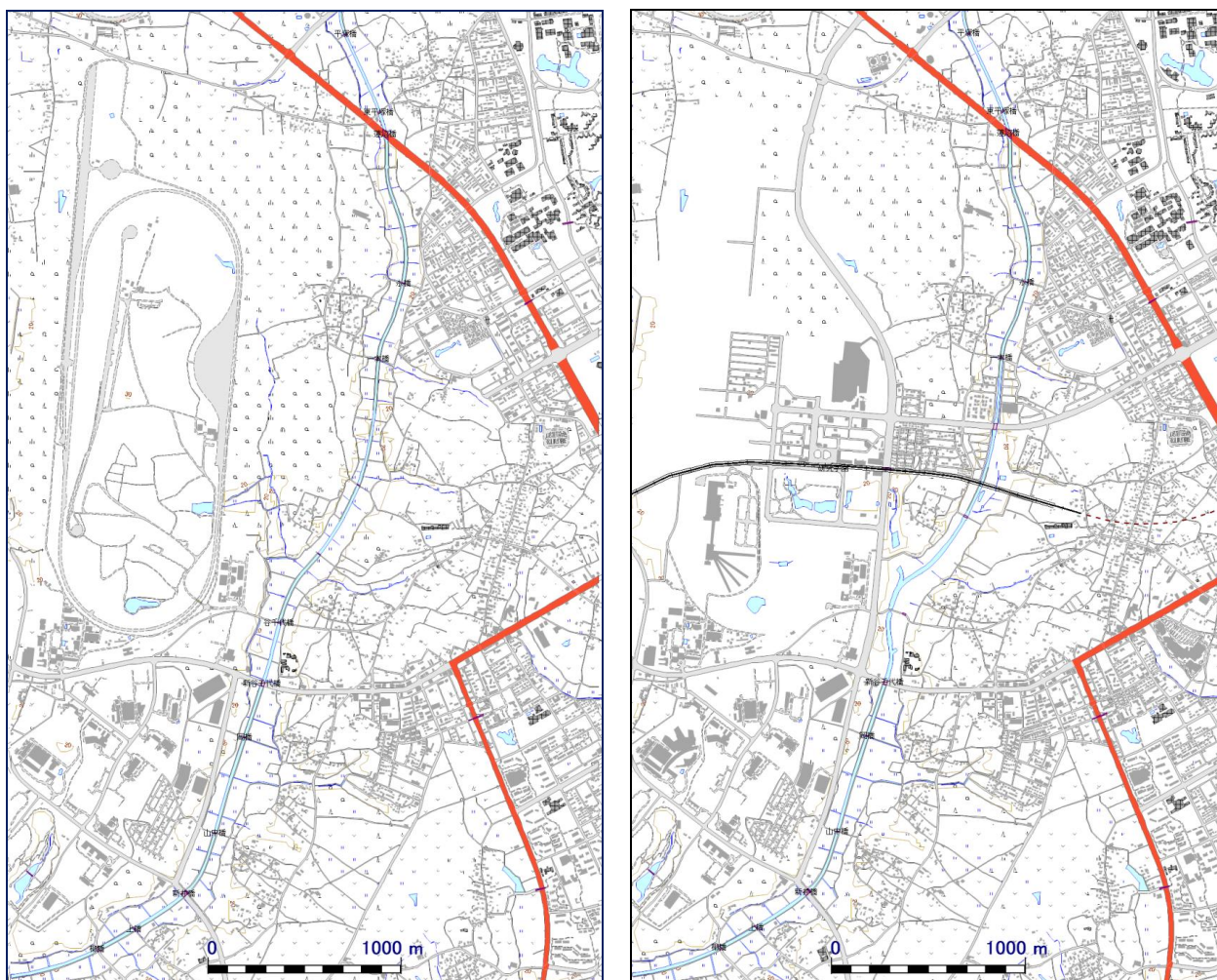


図-8 時空間データセットから抽出したデータを用いた地形図描画。左：2001年1月1日，右：2009年1月1日

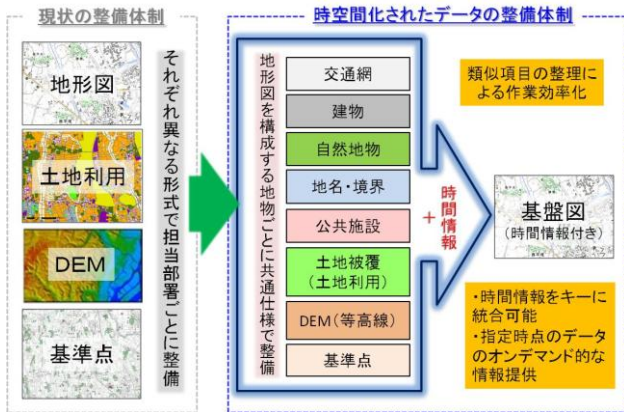


図-9 時間情報をキーにした効率的なデータ整備体制の概念図

4. 2 効率的な変化時間情報の収集

変化時間情報を効率的に更新するためには、その情報を効率的に収集する必要がある。県道以上の主要道路や鉄道、大規模建物等の供用開始 (SE)・廃止 (ES) 情報は、現在でも官報等の行政資料により入手可能であるが、それ以外の地物の変化時間情報の把握は困難な場合が多い。また、仮に入手できたとしても、変化箇所の位置を確定することが難しい。この課題を解決するためには、根本的な体制づくり (例えば、地方公共団体からの供用情報、縦覧図面提供体制の確立等) が必要となるが、その前段階として、布施ほか (2010) による、膨大な官報告示等から効率的に道路供用情報を抽出するシステムの活用等が考えられる。これにより、多くの供用情報が Web で入手可能となり、作業効率向上と想定される。

一方、今回提案した時空間化仕様の時間情報には、供用情報の他に、発生開始 (SS) や消滅完了 (EE) という概念が含まれている。これらは、行政資料等からの情報入手が困難であるため、本研究では画像資料により確認できる日付を入力する構造としており、これは SE や ES にも適用可能である。地物の変化を画像により確認するには、必ず新旧画像を比較

することになるが、それを効率的に行えるシステム (例えば、画像の差分による変化箇所の抽出、確認、時間情報入力を一元化したシステム) を構築できれば、格段に作業効率は向上すると考えられる。

5. まとめと課題

本研究では、様々な地理空間情報のうち、主に中縮尺レベルの情報を対象に時空間化仕様を検討し、時空間化によるメリットや効率的な更新方法について考察した。

時間情報の概念としては、地物の変化時間情報が入手困難な場合も多いことから、ユーザに対して可能な限り適切な情報提供ができ、管理者にとってもできるだけ容易に情報を更新できるように、時間に曖昧性を持たせた仕様を提案した。発生消滅型データについては、従来の研究成果を参考にし、被覆型データについては、発生消滅型データと同じ時間構造で付与できる仕様を新たに提案した。

このデータ仕様に基づいて、つくば市の研究学園駅周辺において、過去 10 年間の時空間データセットを構築した。そのデータ更新に要した人日数は、現状のデータ更新に比べて約 2 倍となり、初期データの作成手法やその後の更新手法について、課題が残された。この点については、今後、4 章で示したような技術開発や体制づくりに関してさらなる研究・検討が必要である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、東京工業大学の角本繁特別研究員、京都大学の畑山満則准教授、筑波大学の村山祐司教授、堤盛人准教授、水谷千亜紀氏、東京大学の清水英範教授、布施孝志准教授、埼玉大学の大澤裕教授、大阪産業大学の吉川耕司教授、秋田県立大学の浅野耕一准教授、東北大学の井上亮准教授、国際航業 (株) の太田守重氏のほか、時空間 GIS を導入している秋田県由利本荘市、北海道遠軽町の担当者の方々から、有益なご指導、ご意見を賜った。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 明野和彦, 星野秀和, 安藤暁史 (2002): 旧版地図を利用した時空間データセットの試作, 国土地理院時報, 99, 89-102.
- 布施孝志, 松林豊, 中條覚, 高橋香織, 脇嶋秀行, 山口章平 (2010): 公示情報からの道路情報抽出手法の開発, 日本写真測量学会平成 22 年度秋季学術講演会発表論文集, 47-50.
- 原正一郎, 柴山守 (2007): 日地域情報学の構築と時空間情報解析ツール, じんもんこん 2007 (人文科学とコンピュータシンポジウム), 情報処理学会シンポジウムシリーズ, 2007, 15, 71-87.
- 畑山満則, 松野文俊 (2000): 災害時での利用を考慮した時空間地理情報システムにおけるデータ構造に関する考察, 情報処理学会論文誌, 41, 40-53.
- 畑山満則, 松野文俊, 角本繁, 亀田弘行 (1999): 時空間地理情報システム DiMSIS の開発, GIS-理論と応用,

7, 2, 25-33.

門脇利広, 中南清晃, 小荒井衛 (2001): GIS 基盤情報 (数値地図 2500) の時系列管理手法に関する研究, GIS—理論と応用, 9, 2, 61-66.

高阪宏行 (2002): 『地理情報技術ハンドブック』, 朝倉書房, 481pp.

久保紀重, 飯村威, 飯田剛輔, 平井政二, 大伴真吾 (2000): 空間情報と時系列情報を統合した GIS モデルシステム開発について, 先端測量技術, 75, 67-74.

久保紀重, 飯村威, 田宮彰弘, 飯田剛輔 (1999): 空間情報と時系列情報の統合化に関する研究, 国土地理院時報, 92, 12-20.

中西康貴, 堀越力, 井上潮 (2003): 時空間属性の一元管理による空間データの統合管理法, 日本データベース学会論文誌 DBSJ letters, 2, 1, 47-50.

根岸幸生, 大沢裕 (2008): 文房具 GIS: 資料作成を目的とした時空間情報管理システムの構築, GIS—理論と応用, 16, 1, 1-10.

太田守重 (1999): GIS のための時空間スキーマ, GIS—理論と応用, 7, 1, 37-44.

埼玉大学工学部大沢研究室 (2001): 時空間地理情報管理システム STIMS ウェブサイト, <http://www.mm.ics.saitama-u.ac.jp/stims> (最終アクセス日: 2011年1月24日).

関本義秀・柴崎亮介 (2000): 時空間データベースのダイナミックな更新を目指した概念データモデルの提案, GIS—理論と応用, 8, 1, 63-73.