

経年道路GISデータを用いた 道路拡充とストック効果の時空間分析

杉本 賢二¹・奥岡 桂次郎²・谷川 寛樹²

¹正会員 和歌山大学システム工学部 (〒640-8510 和歌山市栄谷930)
E-mail:ksugi@sys.wakayama-u.ac.jp

²正会員 名古屋大学大学院環境学研究科 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

高度経済成長期に大量に建設されたインフラの急速な老朽化が大きな社会問題となっており、長期的な維持管理計画や物質動態の観点から、既存構造物の状態やその量を詳細に把握する必要がある。本研究では、東京23区を対象として旧版地図をもとに時系列での道路GISデータを作成した。東京23区では湾岸地区の開発により道路網が拡充され、道路ストック量は2010年には49.7百万トンと1960年の22.6百万トンから2倍以上に増加したことが示された。また、道路整備によるストック効果として、病床数を考慮した病院へのアクセシビリティ指標を推計した結果、過去50年間でほとんどの地域で利便性が向上しているものの、アクセシビリティ指標を道路ストック量で除した資源効率性は、1960年から一貫して低下しており、道路拡充による利便性の向上する一方で、物質利用の効率性は低下していることが明らかとなった。

Key Words : road network, material stock, stock effect, old edition maps, accessibility index

1. はじめに

近年、高度経済成長期に大量に建設された社会インフラの急速な老朽化が大きな社会問題となっている。国土交通省によれば、建設後50年以上経過する道路橋の割合は、2013年の18%から2033年には67%まで加速度的に高くなると予測されている¹⁾。さらに、この割合は橋長2m以上の橋約70万のうち、建設年度不明橋梁の約30万橋を除いた約40万橋から算出した値であり、道路以外の他のインフラも同様に、建設年が確認できない構造物が多数存在していることも課題となっている。安全なインフラであり続けるためには損傷箇所の修繕は不可欠であるが、維持管理や更新費用は増大の一途をたどっているため、インフラの状況や建設経過年数を詳細に把握した上で、既存インフラを有効に活用する長期的な維持管理計画を立てる必要がある。

その際には、インフラ整備や維持管理、耐用年数経過後の廃棄において、大量の物質フローと環境負荷が伴っていることを考慮しなければならない。道路や建築物といった形で国土に蓄積された建設資材は、それら構造物が耐用年数を迎え取り壊される際に廃棄物として排出される。今後の循環型社会の形成に向けて、こうした人間の社会経済活動に伴い投入・蓄積・廃棄される物質の挙動を時空間的に定量評価する必要がある。物質動態を分析することにより、物質循環の各段階において生じる環

境負荷を推計することが可能であることから、より効率的で持続可能な物質利用の検討に有用である²⁾。

以上のように、インフラの維持管理や物質動態の観点からも、構造物の状態やその量、建設経過年数、あるいは耐用年数経過後の廃棄物発生量を把握する必要がある。そのためには、インフラがストックとして社会に存在している場所・時間・物質量を時系列、かつ空間的に定量化することが重要である。また、既存インフラを有効活用していく上で、インフラが整備されることにより発現するストック効果も考慮しなければならない。ストック効果とは、整備された社会資本が機能することによって、整備直後から継続的に中長期にわたり得られる効果³⁾であり、経済活動における効率性や生産性の向上、衛生環境の改善、などがある。インフラ整備により発現するストック効果と、維持管理に要する物質投入とを合わせて評価することで、より効率的で持続可能なインフラとなりうる。

こうしたストック効果について、個別の高速道路新設や港湾整備による経済波及効果や移動時間の短縮を評価した事例はあるが³⁾⁴⁾、日本全国を対象とした推計は少ない。また、過去のストック効果については、統計資料を用いたマクロ経済分析による社会全体での便益は数多く算出されているものの、個々のインフラとストック効果とを対応させた推計には至っていない。その理由として、インフラに関する時系列での空間情報が乏しいことが挙

げられる。国土交通省は「道路統計年報」⁵⁾において、年度毎に、道路種・幅員・舗装状態ごとの道路延長を都道府県別に掲載している。さらに、国土数値情報「道路密度・道路延長メッシュデータ」⁶⁾では、地域メッシュの3次メッシュ(1kmメッシュ)単位での幅員別総延長が整備されている。しかし、いずれのデータも統計やメッシュ単位となっており、道路が境界により分断された道路データでは、道路の接続性を十分に加味することはできない。

一方で、コンピュータの処理能力やハードディスクの向上に加えて、車両に搭載した測量機器が普及したことによりGIS (Geographical Information System)を用いた道路データの整備が進んでいる。空間情報として表現された道路データを用いることで、道路の空間的な広がりやネットワークの接続性を定量的に評価することが可能となる。ESRIジャパンの「道路ネットワークGISデータ」⁷⁾や住友電工の「全国デジタル道路地図データベース」⁸⁾は、道路種別や幅員に加え、交通規制情報を含めたラインデータであるが時系列なデータではない。また、国土数値情報の「高速道路時系列データ」⁹⁾は、各道路ラインデータに属性情報として供用開始年が付与されているものの、対象は高速道路のみである。また、明野ら(2002)¹⁰⁾は、数値地図と旧版地図を用いて明治時代からの経年道路データを作成したが、対象地域は北海道を除く東日本であり、整備対象も地図の縮尺により主要な道路にとどまっている。

以上のように、詳細な道路情報を持つデータは都道府県やメッシュ単位での統計として整備されているが、道路のストック効果であるネットワーク接続性を考慮できていない。その一方で、現在の道路網に関する詳細なデータや、対象項目と地域が限定された時系列道路データはあるものの、網羅性に欠けるという現状がある。そこで、本研究では、東京23区を対象として旧版地図を用いて、明野ら(2002)¹⁰⁾と同様の手法により経年道路GISデータの構築を行う。また、構築したデータにより、道路として蓄積している建設資材投入量だけでなく、道路整備によるストック効果である利便性の変化について、それぞれ時空間分析を行う。

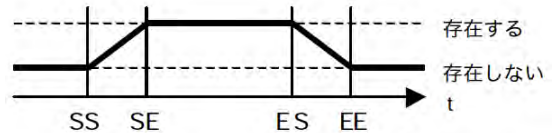
2. 経年道路GISデータ

(1) 道路データの作成方法

本研究では、既往研究である明野ら(2002)¹⁰⁾による道路GISデータと同様の手法により、東京23区の経年道路GISデータを構築する。なお、杉本ら(2014)¹¹⁾では同様の手法により作成した北海道と西日本の経年道路GISデータと統合することにより、日本全国を対象とした経年道

表-1 経年道路データの属性情報

属性	項目
道路幅員	4車線以上, 2車線, 1車線, 小型車道
道路種別	一般道, 高速道路, 国道, 有料道路, 主要道, 廃止道路
国道番号	国道番号(国道のみ付与)
道路名称	有料道路, 高速道路などの名称
発生開始年	測量年(SS)
発生確定年	測量年(SE)
消滅開始年	測量年(ES): 廃止道路のみ付与
消滅確定年	測量年(EE): 廃止道路のみ付与



出典) 明野ら(2002), 図4.

図-1 道路オブジェクトの時間管理

路GISデータを構築しているが、空間詳細な分析まで至っていなかった。以下では、具体的な道路データの作成方法について説明する。

道路データの作成でベースとした地図は、旧版地図の5万分1地形図である。明野ら(2002)¹⁰⁾や杉本ら(2014)¹¹⁾では広域での道路データ整備を目的としていたことから、縮尺の小さい20万分1地勢図を使用していた。そのため、データ整備の対象となるのは高速道主要道など比較的幅員の広い道路であり、地域間や都道府県での分析には有用であるが、地域内の利便性分析での活用には課題があった。そのため、本研究では、さらに縮尺の大きい5万分1地形図を用いることで、20万分1地勢図では省略されていることが多かった市町村道も含めた道路が整備対象となっている。

対象とする道路種別は、高速道路や国道、都道府県道といった、地図記号では2条線で表現される自動車が行き交える道路とする。また、同じ道路であっても国道番号が変更となるなど、同一の道路ライン上で属性項目が変更となる場合や、分岐する箇所でもオブジェクトを分けることにより、道路種別の推計やネットワーク分析が可能となっている。ラインデータに付与する道路属性情報は、明野ら(2002)¹⁰⁾と同じ項目とした。表-1に経年道路データの属性情報を示す。

次に、作成した現状の道路データをもとにして、新しい旧版地図から時間を遡って目視により道路オブジェクトの比較を行い、当該道路が存在しなくなった時点でそのオブジェクトに発生年次の属性を付与する。一部の旧版地図の中には2条破線として道路が表現されている場合があるが、それより古い地図では存在せず、新しい地図では道路となっていることから、この記号は建設中の道路を表していると考えられる。その場合には、2

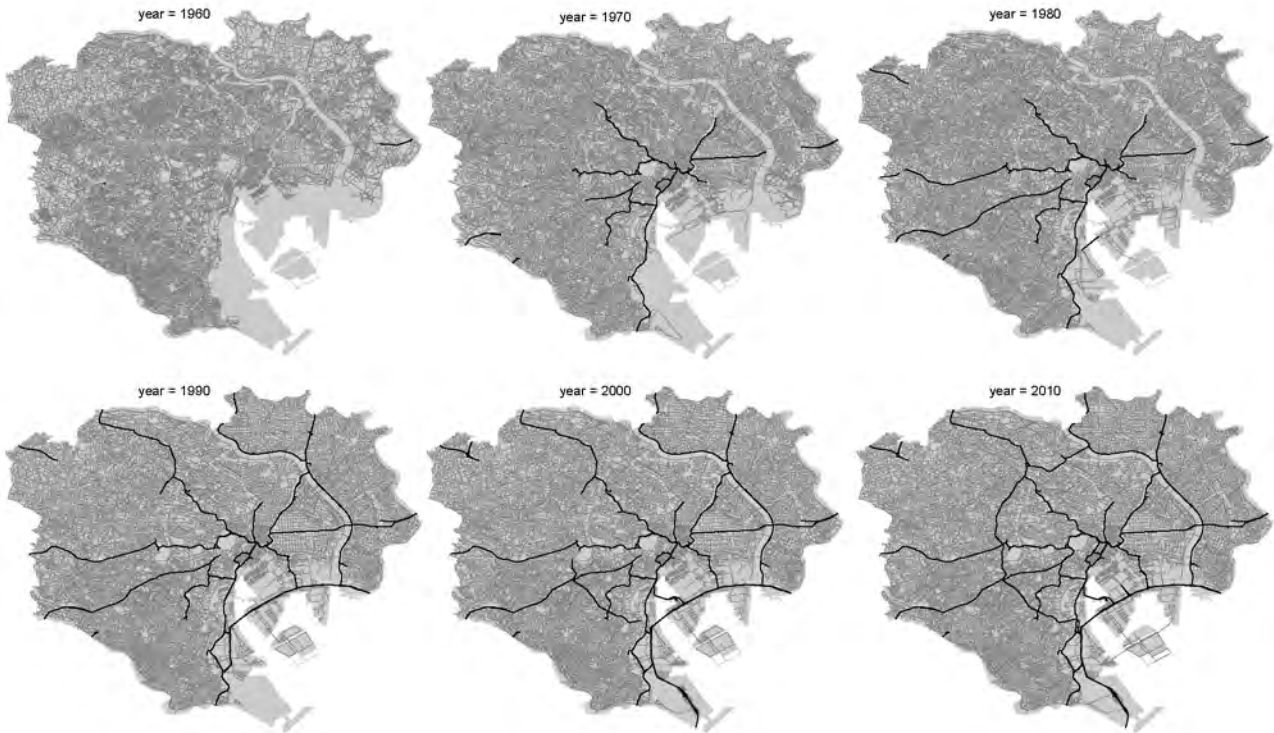


図-2 東京 23 区における道路網の変遷(1960-2010 年)

条破線を発生開始年，2条線を発生確定年として年次を付与する．また，現存していないが過去に存在していた道路(以下，廃止道路)もあるため，道路ネットワークを大きく変えるような廃止道路は，新たに計測してライン作成を行った．

表-2 道路種別延長の推移

[単位 : km]

年	一般道	高速道	国道	主要道	合計
1960年	3,271	0	160	401	3,832
1970年	4,446	100	200	525	5,271
1980年	5,087	132	215	557	5,991
1990年	5,795	225	245	607	6,871
2000年	5,871	259	261	619	7,009
2010年	5,981	282	264	642	7,170

以上の手順により作業を行うことで，図-1に示すように道路オブジェクトごとの時間管理が可能となる．ここで，図中のSSは発生開始年，SEは発生確定年，ESは消滅開始年，EEは消滅確定年，をそれぞれ表している．このような道路オブジェクトごとに時間管理を行うことで，タイムスライスによる10年毎の道路ネットワークの変遷や，道路の建設期間をSEからSSを差し引いた年数として算出することが可能である．

(2) 東京23区における道路の変遷

前節による手法で構築した経年道路GISデータの表示例について，図-2に東京23区における1960年から2010年までの道路網の変遷を示す．1960年には高速道路がほとんど存在していないが，1970年から1980年にかけて東西方向に首都高速道路が整備されることにより，都心部と縁辺地域とのネットワークが伸展していることがわかる．また，1980年以降は台場地域など沿岸部の埋め立てに伴う開発が進み，1990年からは南北方向にも高速道路が建設されることにより，東京23区において道路が高密度に集積している．

表-2に，1960年から2010年までの道路種別延長の推移を示す．1960年に3,832kmであった総延長は，1960年から増加傾向にあり，1990年からその伸びは鈍化するものの，2010年には7,170kmと50年で倍増している．1990年以降に伸びが鈍化した理由として，東京における整備可能な土地が限られていることに加えて，財政制約により新規道路建設が減少傾向にあることが影響していると考えられ

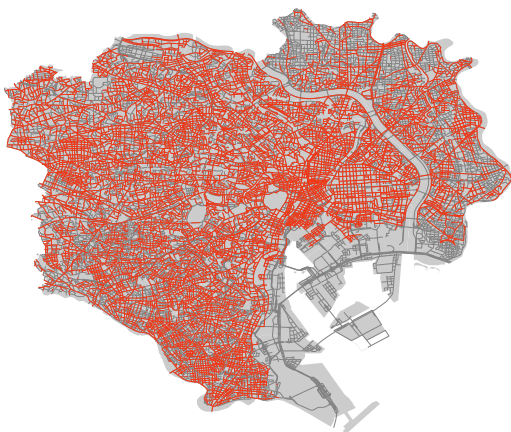


図-3 建設後50年以上経過する道路

表-3 道路種・幅員・建設年次別の資材投入原単位

[単位: kg/m²]

舗装区分	道路区分	幅員	建設年次					
			～1961	1967	1970	1978	1979	1988～
簡易アスファルト舗装	一般道, 主要道	幅員 < 5.5m	258.7	→	347.1	→	358.8	→
アスファルト舗装	一般道, 主要道	5.5m ≤ 幅員 < 13.0m	764.1	1052.5	→	1155.5	→	1285.5
		13.0m ≤ 幅員	936.3	1262.5	→	1262.5	→	1378.0
	国道		1173.4	1527.0	→	1630.0	→	1752.0
	高速道路		1173.4	1756.0	→	1693.0	→	2004.0

出典) 稲津ら(2009)¹²⁾

る。種類別では一般道が84%前後で推移しており、それ以外の種別では、高速道と国道の伸びが著しい。また、図中には含まれていないが、廃止道路は2010年に4,597kmとなっており、道路総延長の6割ほどに相当する道路が廃止となったことが明らかとなった。

図-3に、2010年において建設後50年以上経過した道路を示す。建設後50年以上経過する道路延長は、特に皇居周辺や下町などに多く存在して総計で3,350kmとなり、これは総延長の7,170kmの約半分に相当する。現在、東京オリンピックの開催に向け都内では道路工事が顕著であるが、1960～1970年代に道路距離が急増していることから、今後年数の経過した道路がさらに増加していくため、維持管理・更新にかかる費用と建設資材投入量が増加していくことが予測される。

(3) 経年道路データの制約

本研究で構築した経年道路GISデータには、以下のような制約がある。まず、道路網は旧版地図をもとに作成しているが、それぞれの地図自体に含まれる誤差が考えられる。例えば、前述のように大縮尺の地図をもとに道路データを作成しているとはいえ、縮尺上の表現により省略されていることが多い市町村道の一部は、道路データの整備対象となっていない。そのため、地域スケールでの大まかな道路網の把握や交通利便性を算出するには有用であるが、街区単位といった、さらに高い空間解像度で分析には道路種別が不足している。

次に、属性情報である発生・廃止年次は旧版地図の図葉ごとに測量された更新年を設定しているため、その年次は地図の発行年に依存している。さらに、地図の更新頻度は図葉によって異なり、特に測量技術が向上した1980年代以降と、戦後の期間では更新頻度が異なるため、道路データの時間解像度は近年になるほど高くなる。更新年次の違いにより、隣接した図葉で同じ更新年とならない場合もあり、更新頻度が低い図葉ではネットワークが切れることがある。

最後に、データ作成時の人為的要因による誤差が考えられる。道路データを表示し目視によるチェックと、廃止年次と開始年次などの属性情報を論理チェックにより

データ精度を検証している。しかしオブジェクトの作成や編集は旧版地図から目視にて比較・判断を行っているため、位置や形状が若干異なる場合に、それを道路ネットワークの変化とみなすかといった、取捨選択の際に起こる人為的要因によって誤差も含まれる。

3. 道路拡充とストック効果の分析

(1) 道路ストック量の推計

構築した経年道路データの属性情報には、建設年や道路種別、幅員が付与されている。さらに、GISソフトウェアによりラインデータの実距離を算出することが可能であり、これらの道路情報から建設時に投入された資材量を推計することができる。そこで、道路GISデータの属性情報を用いて、道路建設時に投入された資材量(以下、道路ストック量)の推計を行う。

道路ストック量の算出には原単位法により、各道路オブジェクトの総延長、および幅員から長さあたりの面積を求め、これに道路種・幅員・建設年次別に設定した道路面積あたりに投入された資材量(以下、資材投入原単位)を乗じることで算出した。すなわち、 t 年における道路ストック量 MS_t は、

$$MS_t = \sum (L_{ijt} \times W_{jt} \times I_{ijt}) \quad (1)$$

として計算される。ここで、 L_{ijt} は t 年における道路種別 i で道路幅員区分 j の道路総延長[m]、 W_{jt} は t 年における道路幅員区分 j の道路幅員[m]、 I_{ijt} は t 年における道路種別 i で道路幅員区分 j の資材投入原単位[kg/m²]、をそれぞれ表している。また、 t 年に推計の対象となる道路を、属性情報の発生開始年(SS)と消滅確定年(EE)により管理することで、その時点で存在している道路のみを推計している。

また、資材投入原単位については、建設年代による法律や要綱の変更により投入される資材量も変化することを考慮した、稲津ら(2009)¹²⁾により算出された値を用いた。表-3に道路種・幅員・建設年次別の資材投入原単位

表-4 道路ストック量の推移

[単位：千トン]

年	一般道	高速道	国道	主要道	合計
1960年	16,080	1	2,431	4,078	22,590
1970年	22,418	2,099	3,190	5,751	33,458
1980年	25,654	2,797	3,483	6,178	38,111
1990年	29,846	4,694	4,072	6,850	45,463
2000年	30,707	5,465	4,429	7,010	47,611
2010年	31,844	6,026	4,480	7,333	49,683

を示す。道路幅員は属性情報より、4車線(13.0m以上)は13mとし、それ以外の2車線(5.5m以上13.0未満)は9.25m、1車線(3.0m以上5.5m未満)は4.25m、小型車道(1.5m以上3.0m未満)は2.25mと、道路幅員範囲の中央値に、それぞれ設定した。

表-4に、原単位法により推計した、1960から2010年までの道路ストック量の推移について示す。表-2に示したように、道路延長距離が増加していることから、同様にストック量も増加傾向にあり、1960年の22.6[百万トン]から2010年の49.7[百万トン]から2倍以上に増えている。道路延長あたりの資材蓄積量は、1960年の5,895[トン/km]から12,965[トン/km]と、道路延長自体の伸び率と比較して増加率は大きくなっており、道路が高い物質密度で整備されていることがわかる。道路種別では、一般道の占める割合が大きいことは延長距離と同様であるが、一般道よりも資材原単位が大きい高速道や国道が整備されることにより、それぞれの占める割合は大きくなっている。

(2) ストック効果の推計方法

インフラのストック効果には、経済活動における効率性や生産性の向上、衛生環境の改善、国土保全や生活基盤としての快適性やゆとりが創出されることなど³⁾がある。これらのストック効果のうち、本研究では道路データを用いて比較的容易に推計できるアクセシビリティ

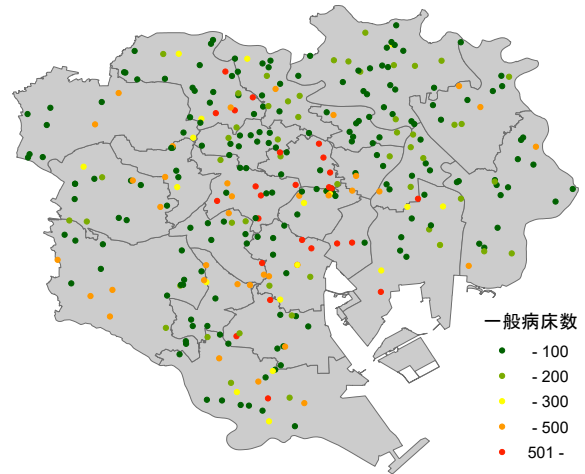


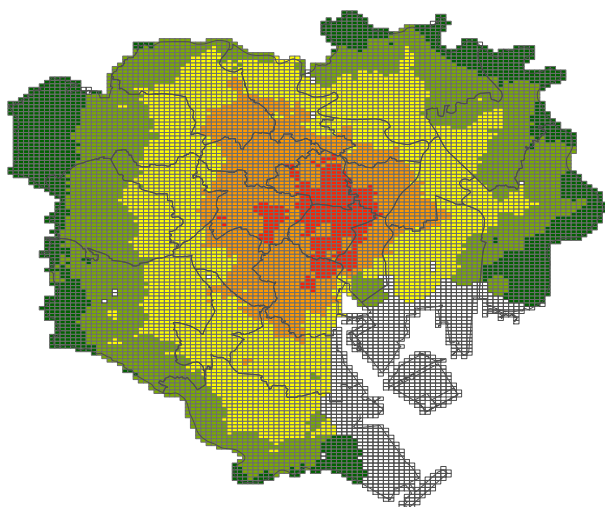
図-4 病院の一般病床数の空間分布

(交通利便性)の推計を行った。利便性の評価において、移動によるアクセスポイントも比較的データが整備されている病院を対象とした。

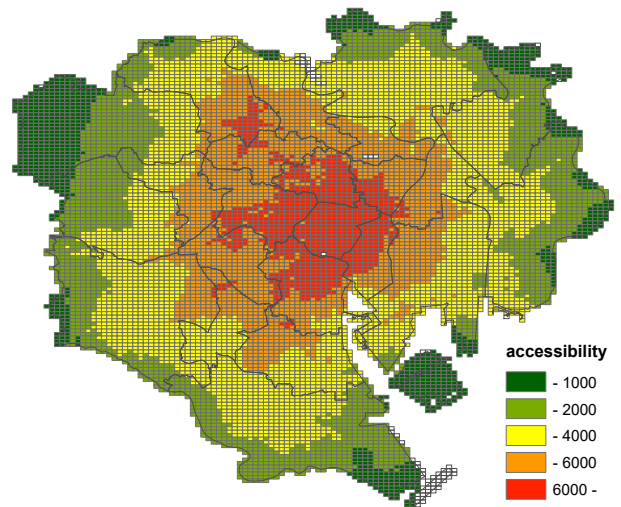
アクセシビリティ指標に関しては、最近隣施設までの到達時間を用いることが多いが、その方法では都心部のように施設が高密度で充実している地域を分析する際に、施設ごとの規模によるサービス量の差異を評価することが困難である。そこで、河端(2010)¹³⁾を参考に、一定到達距離内に存在する施設の規模を、移動時間で除した値の総和をアクセシビリティとして定義する。そのため、メッシュ*i*におけるアクセシビリティ指標 AC_i は、

$$AC_i = \sum_{j: T_{ij} < T_0} \left(\frac{B_j}{T_{ij}} \right) \quad (2)$$

として計算される。ここで、 B_j は病院*j*の一般病床数[床]、 T_{ij} はメッシュ*i*から病院*j*までの道路移動時間[分]、 T_0 は移動時間の閾値[分]、である。一般病床数については、東



(a) 1960年



(b) 2010年

図-5 病院へのアクセシビリティ指標の計算結果

京都福祉保健局による「平成27年(2015年)報告」¹⁴⁾のうち、23区に立地する病院の一般病床数の値を用い、住所は東京大学情報科学研究センター提供の、街区レベルアドレスマッチングにより緯度経度情報に変換した。図-4に一般病床数の空間分布を示す。東京23区における一般病床数の最大は、東京女子医科大学病院(新宿区)の1,324床で、最小は梶原病院(墨田区)の16床であった。

また、道路移動時間は各メッシュから病院までの経路検索により算出した。ここで、道路種による移動速度を以下の通りとした。高速道：80km/h、国道および国道有料道路：60km/h、その他：40km/hである。道路種別による速度設定を行っているため、都心部における交通渋滞や高低差による減速、あるいは信号による停止は考慮しない。移動時間の閾値 T_0 は15分とした。道路によるストック効果を推計するため、道路網は年代によって変化させるが、病院の位置と病床数は不変とした。

図-5に、1960年と2010年におけるアクセシビリティ指標の計算結果を示す。なお、図中で無色となっているメッシュは、近隣1kmに道路が存在しないためにアクセシビリティが計算できなかった地域である。1960年の道路網では、病院の近くほど指標は高くなる傾向が見られ、特に千代田区、文京区、新宿区で高い値となっている。2010年の道路網には、概ねすべての地域で1960年より指標が大きくなっており、なかでも江戸川区や葛飾区、足立区などの、23区でも外縁地域において利便性が向上していることがわかる。また、沿岸部の開発された地域では、病院が立地していないために指標が小さくなっており、また大田区南部では1960年とさほど変化がないメッシュもある。

(3) 道路ストック量に対するストック効果の効率性

前述のように、インフラ整備や維持管理、耐用年数経過後の廃棄には大量の物質フローと環境負荷が伴っている。式(2)によるアクセシビリティの計算では、移動時間だけでなく、経路となる道路も明らかとなっている。そこで、経路となる道路に投入された物質量と、アクセシビリティとを用いて、資材投入に対するストック効果の効率性(以下、資源効率性)を評価する。

メッシュ*i*における資源効率性 R_i は

$$R_i = AC_i / MS_i \quad (3)$$

による。ここで、 MS_i は AC_i の経路に該当する道路ストック量[トン]である。すなわち、アクセシビリティ指標1単位を提供するために使用される道路ストック量を表している。

図-6に2010年における資源効率性を示す。文京区、練馬区や大田区西部などで効率性が高くなっており、物質

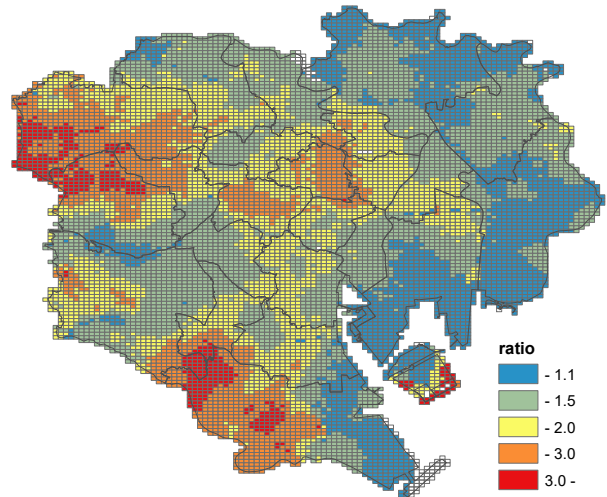


図-6 2010年における資源効率性

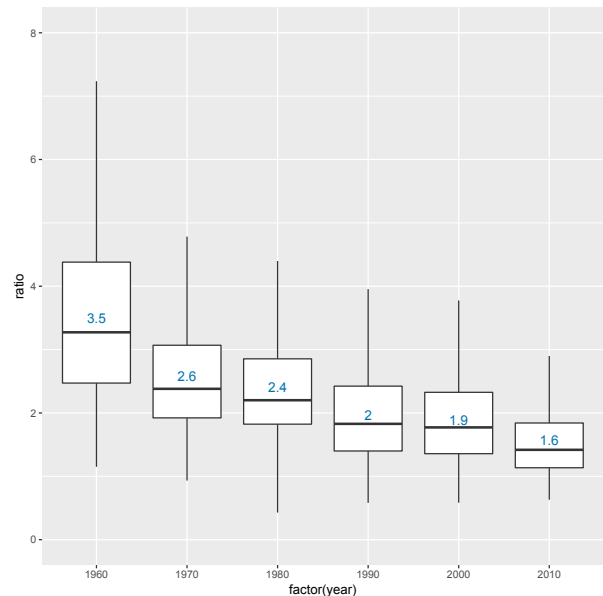


図-7 資源効率性の経年変化

蓄積量からみれば資源が有効に活用されているといえる。その中でも文京区はアクセシビリティが良い場所であることから、利便性と資源利用において効率性な地域である。その一方で、江東区や江戸川区、足立区、大田区の東部では、図-5に示したようにアクセシビリティは高くはないが、そのサービスを提供するために多くの物質が利用されている地域であることが明らかとなった。

図-7に資源効率性の経年変化について示す。ここで、図中の値は平均値を表している。1960年の道路網では資源効率性の高い地域が多いため、平均は3.5と高くなっていたが、その後は徐々に減少しており、2010年の道路網では1.6と効率性は半分となったことが明らかとなった。また、びげ図で示したように上限および下限はともに減少しており、かつその範囲も狭くなっている。以上のことから、高い利便性を実現するために多くの物質が

利用されているが、道路拡充により利便性は飽和状態にあるため、資源効率性の観点からは機能的に低下していると考えられる。

4. おわりに

本研究では、東京23区を対象に旧版地図を用いて、明野ら(2002)と同様の手法により経年道路GISデータを構築した。また、構築したデータを用いて、道路として蓄積している建設資材投入量の推計と、ストック効果である利便性について時空間分析を行った。その結果、道路拡充に伴い道路ストック量は1960年の22.6[百万トン]から2010年の49.7[百万トン]から2倍以上に増え、特に国道と高速道の伸びが著しい。また、道路整備によるストック効果である病院へのアクセシビリティを推計したところ、道路拡充により23区では概ね利便性が向上しているが、アクセシビリティ指標を道路ストック量で除した資源効率性は低下傾向にあることが明らかとなった。

今後の課題として、以下が挙げられる。本研究では、東京23区を対象としていたが、近隣自治体に大規模な病院が立地しているところもある。経年道路GISデータの対象地域をさらに拡張することにより、より精緻なストック効果が推計可能である。また、本研究では、病院への利便性をストック効果として定義したが、もちろん道路は病院への移動のみに供されるわけではない。道路整備による便益全体の推計には、走行時間短縮便益以外にも走行費用削減や交通事故減少便益もあり¹⁵⁾、それらを対象とした社会全体での便益についても評価することが必要である。

謝辞：本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金(16K21096)、環境省 第三期 環境経済の政策研究「我が国に蓄積されている資源のストックに関する調査・検討」の助成を受けて行われた。ここに記して感謝を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省：平成 25 年度国土交通白書，2014.
- 2) 谷川寛樹，大西暁生，高平洋祐，橋本征二，東修，白川博章，井村秀文：“ストック型”かつ“低炭素型”社会へ向けた都市構造物の物質・エネルギー消費の 4D マッピング：名古屋市の建築物を対象としたケーススタディ，日本 LCA 学会誌，Vol.6，pp.92-101，2010.
- 3) インフラ政策研究会：インフラ・ストック効果 - 新時代の社会資本整備の指針，中央公論新社，260p.
- 4) 山本悟司：道路ネットワークと社会資本のストック効果，道路建設，Vol.28，No.5，pp.15-19，2016.
- 5) 国土交通省：道路統計年報，2014.
- 6) 国土交通省：国土数値情報「道路密度・道路延長メッシュデータ」<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N04.html> (accessed 2017/07/12).
- 7) ESRI ジャパン：ArcGIS データコレクション・道路網 <http://www.esri.com/products/data/data-collection/network/> (accessed 2017/07/10).
- 8) 住友電工：全国デジタル道路地図データベース，http://www.seiss.co.jp/ms/gis/map_db.html (accessed 2017/07/10)
- 9) 国土交通省：国土数値情報「高速道路時系列データ」<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N06.html> (accessed 2017/07/10).
- 10) 明野和彦，星野秀和，安藤暁史：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，No.99，pp.89-102，2002.
- 11) 杉本賢二，奥岡桂次郎，谷川寛樹：日本全国を対象とした経年道路データの構築，第 50 回土木計画学研究講演集(CD-ROM)，2014.
- 12) 稲津亮，谷川寛樹，大西暁生，東修，石峰，井村秀文：複数年の空間情報を用いた都市重量の変化に関する研究-建築物・道路を対象とした和歌山県中心部でのケーススタディ-，環境情報科学論文集，Vol.23，pp.89-94，2009.
- 13) 河端瑞貴：待機児童と保育所アクセシビリティ-東京都文京区の事例研究，応用地域学研究，Vol.15，pp.1-12，2010.
- 14) 東京都福祉保険局：平成 27 年（2015 年）報告東京都における医療機能ごとの病床の状況（許可病床），<http://www.byosho.metro.tokyo.jp/2015/index.html> (accessed 2017/07/05).
- 15) 小池淳司：道路のストック効果は計測可能なのか？，高速道路と自動車，Vol.59，No.2，pp.5-8，2016.

(2017.7.31 受付)

SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF ROAD EXPANTION AND STOCK EFFECTS USING TIME-SERIES GIS ROAD DATA

Kenji SUGIMOTO, Keijiro OKUOKA and Hiroki TANIKAWA