

日本全国を対象とした経年道路データの構築

杉本 賢二^{1*}・奥岡 桂次郎¹・谷川 寛樹¹

¹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)

*E-mail: k.sugimoto@nagoya-u.jp

循環型社会の形成に向けて人間社会経済活動において投入・蓄積・廃棄される物質量を把握する必要があり、特に道路は高度経済成長期に大量に建設された道路や橋梁が多いために、急速な老朽化が大きな問題となっている。本研究では、既往研究で東日本を対象として作成された道路データについて、未整備地域である西日本と北海道で同様の手法で作成することにより、日本全国を対象とした経年道路データを構築した。このデータではもとにした旧版地図の制約から市町村道の多くが含まれていないものの、時系列での道路網の可視化に加えて、道路種別の総延長を推計することが可能となった。さらに、特に高速道路の整備に伴って、道路として蓄積されている資材投入量は増加傾向にあり、道路時間距離の範囲が広がっていることから、道路ネットワークの充実していることが示された。

Key Words : road network, material stock, time distance, spatio-temporal analysis, old edition maps

1. 研究の背景と目的

今日の社会経済は自然から大量の資源を投入し、様々な形に加工された物質を利用することにより成り立っている。一方で、道路や建築物といった形で蓄積された物質は、その地物の耐用年数を迎えることによって、建設時に投入された資材が廃棄物として放出される。循環型社会の構築に向けて、このような人間の社会経済活動においてどれだけの資源を採取・蓄積・廃棄しているかを定量化する、マテリアルストック・フロー分析(Material Stock and Flow Analysis; MSFA)が重要である。MSFAによって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できるため、より効率的で持続可能な物質利用の検討に有用である¹⁾。

加えて、2012年12月に起きた笹子トンネル天井板落下事故を契機として、高度経済成長期に大量に建設された道路や橋梁といった社会基盤や、公共施設等の急速な老朽化が大きな問題となっている。例えば、道路橋は建設後50年以上経過する割合が現在の約18%から、10年後には約43%、20年後には約67%に達する見込み²⁾であることから、安全な交通インフラの維持に向けた損傷箇所の修繕は不可避である。さらに、昨今財政制約が強まっているに対して維持管理・更新箇所は急増しており、将来的に維持管理費用が親切費用を上回ると予想されているため²⁾、限られた予算制約の中で長期的な維持管理計画を立てていかなければならない。

したがって、人間活動における物質ストック・フロー

だけでなく、道路の維持管理の観点からも、既存の社会基盤の状態やその量を正確に把握する必要がある。人口減少社会において老朽化に伴う危険度が増すなかで、安全性を保証するためには、ストックが存在している場所・時間・物質量を、時空間的に把握することが不可欠である。道路統計年報では、都道府県別に道路種、幅員、舗装状態ごとに道路延長が集計されているが、社会基盤は地域内で様に分布しているわけではないので、都道府県や市町村レベルよりも、さらに細かい空間解像度が必要となる。

近年、コンピュータの処理能力やハードディスクの向上や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・構築が進んでいる。GIS上の道路データを用いることで、道路の空間的な広がりや、交通便利性の向上を定量的に評価することがかのである。データ整備に関して、ESRIジャパンが日本全国のすべての道路に関して種別や幅員に加えて、交通規則情報も含めた道路ネットワークGISデータ³⁾を販売しているが、時系列に整備されたデータではない。一方で、時系列の道路GISデータに関しては、国土数値情報で高速道路時系列データ⁴⁾が公開されており、属性情報として供用開始年が付与されているものの、整備対象は高速道路にとどまっている。また、同じく国土数値情報では3次メッシュ毎の道路幅員別の総延長距離が公開されているが、データ作成年が約30年前からの3時点と時間が連続した道路データではない。

以上のように、詳細な道路情報を持つデータは作成年次に限られており、一方で、高速道路を対象に時系列で整備されているものの、道路ネットワークを網羅していないという現状がある。したがって、本研究では、明野ら(2002)⁹⁾によって作成された東日本(北海道を除く)の経年道路データを、対象地域に西日本と北海道を加えることで、日本全国を対象とした経年道路データの構築を行った。また、そのデータを用いた分析例として、道路ネットワークを用いた最短距離の算出による道路時間距離の推計をおこなった。また、開始と廃止年次が明らかであることから、道路ストックとして社会に蓄積している物質量を推計し、その推移について示す。

2. 経年道路データの作成

(1) 道路データの作成方法

日本全国の経年道路データのうち、東日本(北海道を除く)については明野ら(2002)⁹⁾が作成したデータを用いた。対象範囲外である西日本と北海道については、明野ら(2002)と同様の手法により整備し、統一した属性情報を付与することで、日本全国を対象とした経年道路データを構築した。以下では、経年道路データの作成方法について示す。

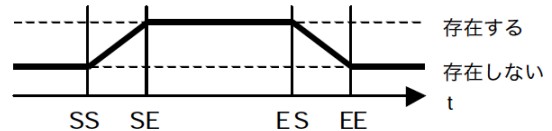
まず、紙媒体の数値地図200,000(地図画像)をデジタル化後、幾何補正とジオレファレンスによる位置合わせを行うことによって基図を作成し、それをもとにしてベースとなる道路データを入力する。その際に、対象となる道路は、高速道路、国道、都道府県道といった、自動車が行ける(地図記号では2条線で表現される)道路である。また、同じ道路でも国道番号が変更になる等の属性項目が変わる場合や、分岐する箇所ではオブジェクトを分けることによって、道路種別の推計やネットワーク分析が可能となっている。属性情報については、明野ら(2002)が作成した項目と同じとし、表-1に示す属性種別について整備した。

次に、作成した道路データを元にして、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道路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、それより新しい地図では道路となっていることから建設中だと考えられ、その場合には発生開始年として付与する。また、現存していないが、過去に存在した道路(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作成した。

以上のような手順で作業を行うことにより、図-1に示すように、各道路オブジェクトごとの時間管理が可能と

表-1 経年道路データの属性情報

属性	区分
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

なる。ここで、SS: 発生開始年, SE: 発生確定年, ES: 消滅開始年, EE: 消滅確定年, をそれぞれ表している。そのため、タイムスライスにより10年ごとの道路ネットワークの変遷や、道路の建設期間は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) 経年道路データの表示・集計例

本説では、前節で構築した日本全国の経年道路データについて、表示および集計例について示す。図-2に1961年から2011年までの期間における、大阪府近郊における道路ネットワークの変遷について示す。1961年には一部の有料道路を除いて高速道路が整備されていないが、その後、1971年になると名神高速道路や都市高速道路が開通するなど道路ネットワークが大きく広がり、2001年には明石海峡大橋により淡路島および四国と接続されたことがわかる。また、1961年と1971年では大阪市近郊において道路の整備が進んでいたが、その後は県境付近などの郊外において、道路の充実がみてとれる。

こうした道路網の拡充については、視覚化だけでなく、経年道路データから算出した道路延長の推移からも読み取れる。図-3に1960年から2010年までの期間における道路総延長の推移について、表2に2010年時点での道路種別総延長を示す。1961年に約16.8万kmであった道路延長は、2010年には約28.2万へと1.67倍となり、1960, 1970年代は3,000km/年の増加であった。この期間における増加要因として特に、高速道路は1960年代の東名高速道路や名神高速道路などの開通が挙げられる。近年は開発可能な国土に限られていることに加えて、財政制約により新規道路の建設が大きいと増加量は以前ほど大きくなかったが、2000年代には1,900km/年の増加であった。



図-2 道路ネットワークの変遷(1961-2011年)

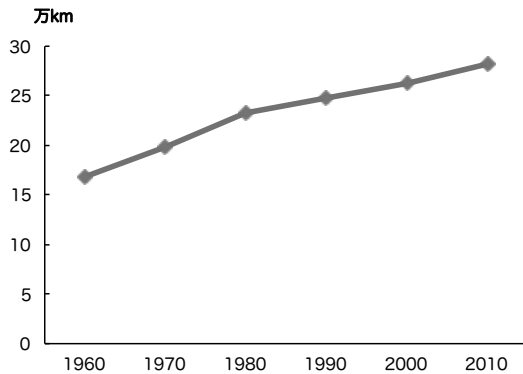


図-3 道路総延長の推移(1960-2010年)

表-2 2010年における道路種別延長

道路種別	総延長[km]	割合[%]
一般道	140,183.3	49.7
高速道路	9,604.6	3.4
国道	64,164.8	22.8
有料道路	3,511.4	1.2
主要道	64,444.3	22.9
廃止道路	29,020.6	-
合計 ^{注)}	281,908.4	100.0

注) 合計には廃止道路を含まず

また、2010年における廃止道路の延長は約29万kmであり、本研究で構築した道路総延長の1割程度である。こうした廃止道路は、戦後の開発や橋梁の建て替えなどによって位置が変更となったものや、高速道路建設によって形状が変わった場合もあるが、その多くは道路属性

を判断する情報が必ずしも正確ではないため、分析を行う際には注意が必要である。

(3) データの制約と限界

本研究で構築した経年道路データには以下のような制約がある。まず、最新の道路ネットワークについては数値地図を、それ以前は旧版地図をもとにしているが、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、地図の縮尺の制約から、道路総延長のうち8割程度を占める市町村道の多くは地図上に表現されていないために、経年道路データにおいて整備の対象となっていない。日本全国における大まかな道路網の把握や、都市間の道路距離を計算するには有用であるが、都市内における交通情報の計算には道路種別が不足している。

また、道路の発生・廃止年次はもとなる旧版地図の、図葉ごとに測量された更新年を設定しているため、その年次は地図の測量年に依存しており、さらに更新頻度も図葉によって異なる。特に、測量技術が向上した1970年以降と、更新頻度が少ない大正時代とでは道路データの時間解像度が異なる。加えて、新しい旧版地図から目視にて比較・判断を行っているため、二時点において位置や形状が若干異なるような場合に、それを道路ネットワークの変化とみなすかといった人為的な要因による誤差も含まれている。

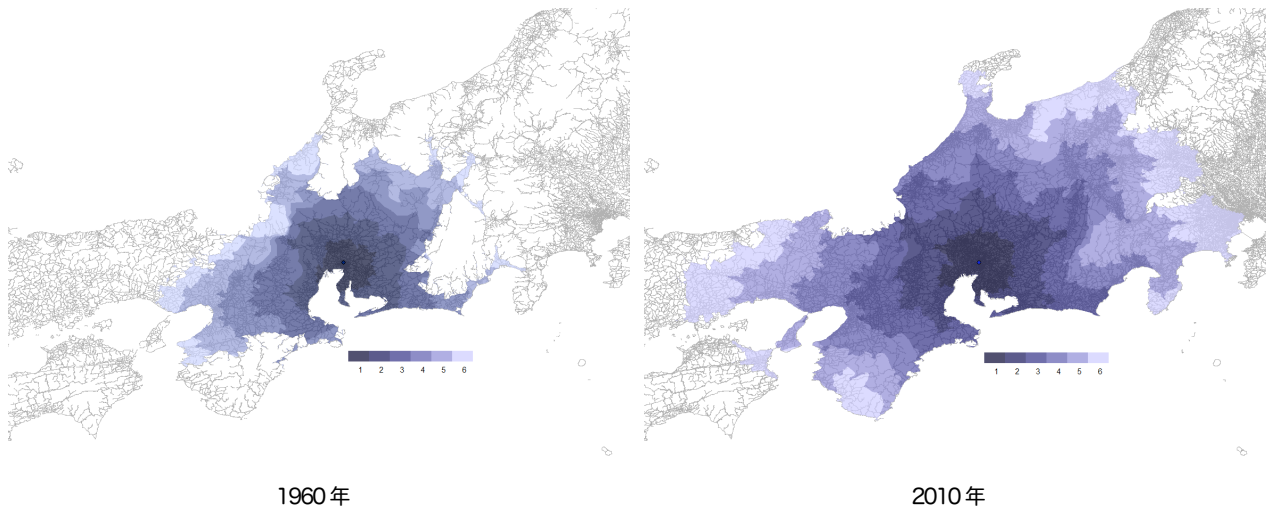


図-4 名古屋市市役所からの道路時間距離の変遷

3. 経年道路データを用いた分析例

(1) 道路時間距離の算出

経年道路データを用いた分析例として、道路時間距離の算出を行った。道路ネットワークが広がることに加え、道路密度が高くなると、そこで、それぞれの年次において存在している道路データを抽出し、道路ネットワークを用いた最短時間計算により、道路時間距離の算出を行った。制限速度については、高速道路は80km/h、国道と有料道路は60km/h、それ以外の道路種では40km/hと仮定している。そのため、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が考慮されていない計算結果である。

図-4に1961年と2011年における、名古屋市市役所(名古屋市中区三の丸3丁目)を起点とした道路時間距離について示す。1961年には東名高速道路(1969年開通)や名神高速道路(1965年開通)が建設中であったことから、道路時間距離は主に国道を通るルートが選択されているため、時間距離の範囲は狭くなっており、特に北陸への範囲は東西方向よりも広がらない。しかし、2011年においては愛知県近郊でも道路時間距離は小さくなっていることに加えて、高速道路網が整備されたことから、北陸方面へのアクセスが良くなっていることがわかる。また、明石海峡大橋が建設されたことから、淡路島だけでなく四国まで6時間で到達できる範囲が拡張されている。

なお、今回の計算では6時間で到達出来る範囲ではなかったが、1988年に開通した瀬戸大橋により本州から四国へのアクセスが向上した。架橋前は船舶による輸送が行われていたものの、経年道路データではそれが含まれていない。それ以外にも地域振興を目的として離島架橋が建設されているため、より正確な時間距離の変遷をみるためには、道路だけではなく船舶航行等のネットワークを考慮しなければならない。

(2) 道路ストック量の推移

構築した経年道路データの属性情報には建設年だけでなく、道路種別や幅員が付与されている。さらにGISソフトウェアを用いることで道路延長を算出することも可能であり、これらの道路整備状況に関するデータを用いることにより、道路として蓄積している資材投入量を推計することが可能である。

道路ストック量の算出には原単位法を用いた。この手法では、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、これに道路種別あるいは幅員ごとに設定した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 i の道路ストック量 MS_t は、

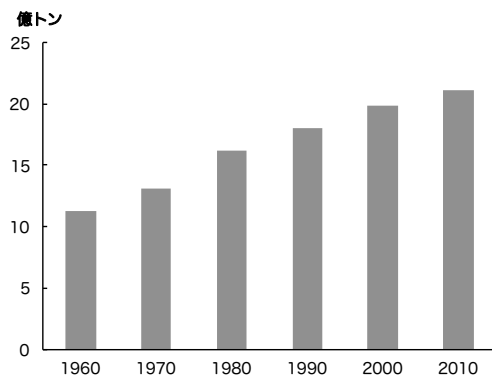


図-5 道路ストック量の推移(1960-2010年)

表-5 2010年における道路種別ストック量の内訳

道路種別	ストック量 [百万ト]	割合 [%]
一般道	659.5	31.3
高速道路	200.5	9.5
国道	768.0	36.4
有料道路	62.7	3.0
主要道	418.5	19.8
合計	2109.3	100.0

表-4 道路における資材投入原単位

舗装区分	道路区分	幅員	資材	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	アスファルト	35.3	→	→	→	47.0	→
			砂利・砕石	223.4	→	311.8	→	→	→
高級アスファルト舗装	一般道, 主要道	5.5m ≤ 幅員<13.0m	アスファルト	235.0	→	→	→	235.0	→
			砂利・砕石	549.1	825.1	→	928.1	→	926.1
		13.0m ≤ 幅員	アスファルト	235.0	→	→	→	→	→
			砂利・砕石	701.2	1035.1	→	→	→	1144.1
	国道		アスファルト	235.0	218.0	→	→	→	→
			砂利・砕石	938.4	1293.1	→	1396.1	→	1518.1
高速道路, 有料道路		アスファルト	235.0	218.0	→	→	→	→	
		砂利・砕石	938.4	1522.1	→	1459.1	→	1770.1	

出典) 稲津ら(2009)

$$MS_{i,t} = L_{i,j,t} \times W_{j,t} \times I_{i,j,t} \quad (1)$$

として計算される。ここで、 L ：道路総延長[m]、 W ：道路幅員[m]、 I ：資材投入原単位[kg/m²]、 i ：道路種、 j ：道路幅員区分、 t ：年、をそれぞれ表している。資材投入原単位については、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)⁶⁾により算出されたものを用いた(表-4)。また、道路幅員については属性データより、4車線(13.0m以上)は13m、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として、それぞれ設定した。

図-5に1960から2010年までの期間における道路ストック量の推移について、表-5はそのうち2010年における道路種別の内訳について示す。まず、ストック量についてみると、1960年以降ストック量は増加傾向にあり、2010年には約21億トンと、1960年の1.88倍となっている。その中でも特に、高度経済成長期であった1960と1970年代には、年平均20～30万トンの純増であった。その後は財政制約から新規道路建設が少なくなったことから、純増量は減少傾向にあり、2000年代には12.8 [百万トン/年]となっている。

また、その内訳についてみると、道路総延長の構成比と同様に国道や一般道が大きくなっているが、一方で、資源投入原単位が大きく、幅員が広いことから長さあたりの面積が広い高速道路のストック量が多いことがわかる。なお、本推計では道路部分のみのストック量を推計しているため、トンネルや橋梁部における物質蓄積量や、維持管理における修繕のための資源投入量は含まれない。

なお、既往研究における道路ストックの推計結果と比較すると、Hashimoto *et al.* (2007)⁷⁾では約50億トン、田中ら(2013)⁸⁾では46.18億トンとされており、本研究での推計結果とは大きな開きがある。その要因として、既往研究で

はガードレールや信号機などの付帯設備のストック量が含まれていることと、作成した経年道路データが道路総延長の多くを占めている市町村道を対象としていないことに加えて、地図記号において4車線以上の幅員を持つ道路が表現できていないために延長あたりの面積に上限を仮定したことにより、全体としてストック量が過小になっていると考えられる。

4. まとめと今後の課題

本研究では、明野ら(2002)によって作成された東日本の経年道路データを、西日本と北海道を対象として拡張することにより、日本全国の経年道路データを構築した。このデータを用いた最短時間の算出により道路時間距離の計算を行うことで、道路ネットワークの充実により特定時間で到達できる範囲が広がっていることが示された。また、道路として蓄積しているストック量は高速道路の整備により急増し、近年でも12.8 [百万トン/年]が増加していることが明らかとなった。

今後の課題として、他の時系列データと組み合わせることにより交通利便性の算出を行うことで、より道路の拡充によるサービスの増加を測ることが可能となる。既存の鉄道網と見合わせることで、最短時間で到達可能な地域を時系列で作成することができる。また、開通年やストック量が明らかとなったことにより、維持管理や耐用年数を想定することで、補修の際に必要な資材投入量の推計として利用されることが期待される。

謝辞：本研究は、文部科学省のグリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス (GRENE) 事業環境情報分野「環境情報技術を用いたレジリエントな国土のデザイン」の一環として実施したものである。また、経年道路データの作成には、株式会社デジタルアースラボに協力いた

だいた. ここに記して謝意を表する.

参考文献

- 1) 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.
- 2) 国土交通省：平成25年度国土交通白書, 2014.
- 3) 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 2014/07/10).
- 4) 国土交通省：国土数値情報ダウンロードサービス <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/> (accessed 2014/07/7).
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) Hashimoto, S., H. Tanikawa and Y. Moriguchi : Where will large amount of materials accumulated within the economy go? A material flow analysis of construction minerals for Japan. *Waste Management*, Vol.27, No.12, pp.1725-1738, 2007.
- 8) 田中健介・早川容平・奥岡桂次郎・杉本賢二・谷川寛樹：都道府県における建築物・社会基盤施設の経年マテリアルストック推計に関する研究, 土木学会論文集 G (環境) Vol. 69, No. 6 (環境システム研究論文集 第41巻) pp.II_25-II_34, 2013.

(2014. 8. 1 受付)

ESTABLISHMENT OF A TIME SERIES GIS ROAD DATA IN JAPAN

Kenji SUGIMOTO, Keijiro OKUOKA and Hiroki TANIKAWA