

階層構造を考慮した簡便な 道路整備水準の評価手法について

深 田 秀 実
大 津 晶

1. はじめに

本格的な人口減少社会の到来に加え昨今の厳しい財政状況の下、社会資本整備の基本的な考え方が大きく変化し、持続可能型・成熟型社会への対応が求められるようになった。これに伴い、社会資本の整備水準の目標も従来の量的拡大から質的な向上へと転換し、社会資本整備によってもたらされるサービス水準の向上をアウトカム評価する手法の開発が盛んである。本研究が対象とする道路の整備に関して見てみると、車両の速度や旅行時間、交通密度、渋滞長などのさまざまなサービス水準指標が用いられており、さらに近年は、市町村合併の影響などから、特に地方都市や過疎地域では救急搬送時間などの行政サービス、あるいは農業や観光業など地域産業との関係を内生化した評価基準、また北海道に代表される積雪寒冷地では、冬期の道路閉塞対応などの観点も重要な評価基準として示されるようになってきている。

地域の利用者の視点に立った社会資本整備水準の評価は、緊縮財政下における効率的なインフラ整備という意味においてはますます重要度が増すことは間違いないが、このように“個々の事情”を強く反映させた評価基準は、地域間の整備水準の比較といった単純な分析にはあまり馴染まない。また多くの変数を用いた精緻なモデルによる評価手法は複雑であり、データの収集や計算に手間を要するといった運用上の問題も少なくない。

他方で、地域間の道路整備の量的水準を単純比較する際に用いられる密度指標として「単位面積あたりの道路延長」と「人口ひとりあたりの道路延長」が

知られているが、極端に人口密度に差がある地域の道路整備水準をこの2つの指標で比較すると、まったく逆の結論を導くことがある(大津(2002))。これは、前者が物的な空間特性としての道路空間の相対的な量を評価する指標であるのに対して、後者が公共投資によって建設される社会資本の受益あるいは費用負担の地域間の公平性を評価するための指標であり、両者の評価視点の相違から生まれる当然の帰結であるが、このことが意外にも正しく理解されず不適當に用いられることがままある。

本研究では、全国的・継続的に調査公表される道路整備状況データのみを用い、比較的簡便でありながら道路のサービス水準の特性を反映した整備水準の評価手法を提案する。

2. 道路の階層構造と道路整備データ

交通計画の分野では、道路に求められる機能をトラフィック機能とアクセス機能に整理し、これらの段階的な比重によって道路を階層的に構成することが重要であるとしている(例えば新谷(2003)など)。本研究では、この道路の階層性に注目して、道路構成を都市間高規格道路、都市内基幹道路、基盤的道路の3階層に整理し、各階層の特性を考慮した整備水準評価指標を作成した。前者ほど相対的にトラフィック機能が重要であり、後者ほどアクセス機能が求められる。

後半の分析に用いるデータは、道路整備状況の網羅的・継続的調査である道路交通センサス(全国道路・街路交通情勢調査)を使用した。この調査は地域交通の現況を把握し道路整備の政策の基礎とするために国土交通省が概ね5年おきに実施しており、分析にはデータを利用可能な最新の調査「平成17年度道路交通センサス(交通工学研究会(2007))」を使用する。

道路交通センサスの道路区分は、道路法および道路管理者区分などに準拠して、大きくは〈高速道路〉と〈一般道路〉に分類されて調査されている。また〈高速道路〉と〈一般道路〉は、さらにつぎのような内訳になっている；

- 高速道路：高速自動車国道，一般国道の自動車専用道路，高規格幹線道路，都市高速道路
- 一般道路：一般国道（一般国道（直轄），一般国道（その他）），地方道（主要地方道（主要地方道（都道府県道），主要地方道（指定市道）），一般都道府県道）

本研究では，これらを表1のように整理して分析を行った。

表1：分析対象道路の階層区分

道路階層	地 域	対象道路
①基盤的道路	可住地	一般道路
②都市内基幹道路	D I D	一般国道（その他）
③都市間高規格道路	都市数	高速道路，一般国道（直轄）

なお，表1の地域とは，分析対象道路の整備に際して整備の対象とすべき都市アクティビティの多寡を，やはり全国を網羅し比較的簡単に入手可能なデータの範囲で，各道路カテゴリーに対して妥当と考えられるものを用いた。この地域の選定は便宜的なもので，今後妥当性を検討すべき部分である。また，対象道路の区分については，現実にはトラフィック機能とアクセス機能が厳密に使い分けられているわけではなく，むしろ両方の機能を有しつつ連続的に構成されている道路の利用実態に鑑み，敢えて一部重複を認めた。つまり同じ道路が②都市内基幹道路と③基盤的道路の両方にカウントされていることがある。このことも含め，適切な道路の区分についても今後検討する余地がある。

3. 道路階層別の整備水準評価手法および都道府県データを用いた分析

前節の道路階層区分ごとにその特性を考慮して，整備水準を評価・比較するための指標を作成する。ひとくちに道路整備と言っても路面舗装や標識等の道路付属物，道路周辺環境の整備などさまざまあるが，本分析では対象道路の整

備延長のみで評価する。道路の幅員（車線数）の拡張などは、直ちに交通容量の向上をもたらし、特にトラフィック機能のサービス水準を高めるには違いないが、ここでは分析の対象とはしない。

3-1. 基盤的道路

基盤的道路ネットワークは、アクセス機能が最も重視されるカテゴリーの道路なので、基盤的道路の量的整備水準の評価は、単位面積あたりの道路延長、つまり網密度で与えることにしよう。対象とする道路は、高速道路や高規格の国道を除く、一般道路すなわち、一般国道（直轄）、一般国道（その他）、地方道（主要地方道（主要地方道（都道府県道）、主要地方道（指定市道））、一般都道府県道のすべて、対象地域は可住地とする。また基盤的道路は都市的アクティビティの集積とは関係なく、あくまでも地域の生活基盤としての道路環境を評価する観点から、分析単位区域面積（例えば都道府県面積）から非可住地面積を差し引いた可住地面積を用いる。

したがって、基盤的道路の評価基準は、整備済延長を Λ_1 [km]、可住地面積を S_1 [km²]として、以下のように定義できる。

$$\Lambda_1/S_1 \text{ (線密度)}$$

この評価基準 C_1 を用いて、都道府県ごとの道路整備水準の相対的な比較を行うために、道路データおよび可住地面積等のデータを都道府県ごとに集計して作成したデータを表2に示す。

表2：可住地面積と基盤的道路延長

	可住地面積 [km ²]	道路延長 [km]	Λ_1/S_1
北 海 道	23284.22	12019.1	0.516
青 森 県	3208.74	2384.1	0.743
岩 手 県	3712.80	2224.7	0.599

宮 城 県	3132.98	2478.0	0.791
秋 田 県	3158.46	2850.7	0.903
山 形 県	2852.84	2483.5	0.871
福 島 県	4217.60	3562.9	0.845
茨 城 県	3974.59	3762.2	0.947
栃 木 県	2947.68	2701.5	0.916
群 馬 県	2297.04	1907.1	0.830
埼 玉 県	2566.77	2771.0	1.080
千 葉 県	3486.13	3272.7	0.939
東 京 都	1395.31	1991.6	1.427
神 奈 川 県	1459.26	1670.4	1.145
新 潟 県	4479.55	4289.9	0.958
富 山 県	1852.13	1811.1	0.978
石 川 県	1381.05	1346.3	0.975
福 井 県	1068.20	1464.2	1.371
山 梨 県	951.05	728.5	0.766
長 野 県	3309.13	2649.6	0.801
岐 阜 県	2166.68	2357.8	1.088
静 岡 県	2730.78	2597.7	0.951
愛 知 県	2959.55	3926.8	1.327
三 重 県	2021.95	1977.4	0.978
滋 賀 県	1260.84	1804.4	1.431
京 都 府	1153.25	1850.2	1.604
大 阪 府	1319.11	1767.3	1.340
兵 庫 県	2762.28	3747.3	1.357
奈 良 県	848.93	720.2	0.848
和 歌 山 県	1101.39	869.6	0.790
鳥 取 県	911.82	1196.0	1.312

島根県	1254.40	2242.2	1.787
岡山県	2212.14	2212.7	1.000
広島県	2255.41	2849.6	1.263
山口県	1754.43	2169.0	1.236
徳島県	1024.06	1035.7	1.011
香川県	992.93	1259.5	1.268
愛媛県	1669.33	1239.2	0.742
高知県	1165.22	898.9	0.771
福岡県	2742.33	3525.8	1.286
佐賀県	1339.56	1183.2	0.883
長崎県	1622.02	1105.1	0.681
熊本県	2747.63	2429.9	0.884
大分県	1768.58	1455.0	0.823
宮崎県	1833.20	1475.5	0.805
鹿児島県	3243.36	2512.3	0.775
沖縄県	1163.04	1345.6	1.157

各県全域の可住地面積を横軸に、一般道路の総延長を縦軸にして、データをプロットしたものが図1-1である。図1-1を見ると、明らかに北海道が異質であることがよく分かる。この結果については、可住地面積を用いることの妥当性について、再度検討が必要かもしれない。北海道を除いた他の都道県データのみ表示したのが図1-2である。

プロットした位置と原点を結ぶ直線の傾きが大きいほど、整備水準が相対的に高いことを意味するから、全体の傾向としては、北海道以外に突出して異なる性質を持つ都府県は無いと言っても良いだろう。

もちろん詳細に見れば、岩手県や福島県など面積の大きな県の水準が低くなっている。これは、この評価基準を用いた場合、絶対的な可住地面積の大きさが不利に働くような傾向があることを示していると解釈できよう。

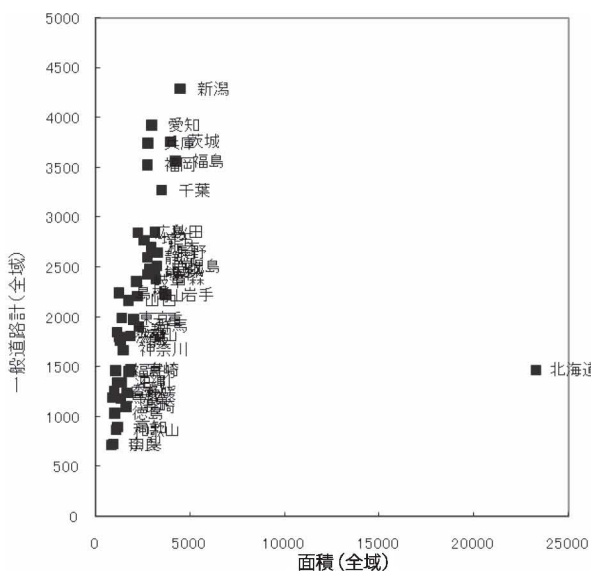


図1-1：基盤的道路整備水準の比較（全都道府県）

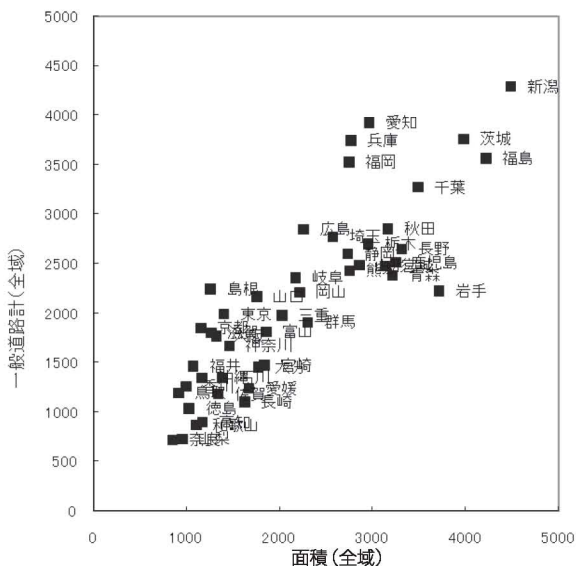


図1-2：基盤的道路整備水準の比較（北海道を除く）

3-2. 都市内基幹道路

当然ながら都市部と郊外部では人口密度や社会活動の集積度合いが大きく異なり、これらの活動を支える基幹的な道路が必要となると考えられる。そこで都市内基幹道路ネットワークについては、道路建設費用と維持管理費用のトレードオフに注目して道路整備水準を評価する手法について検討する。

解析的な取り扱いの便宜上、以下を仮定する；

〔仮定1〕対象地域が凸形状である

〔仮定2〕道路は一様にランダムな直線で与えられる

また、分析対象地域の面積を S_2 [km²]、周長を L_2 [km] とし、領域内の道路延長を Λ_2 [km] とする。この地域に P_2 [人] の人口が住んでいるものとする。以上のような単純な仮定の下、「道路が増えれば住民の利便性が高まる一方、(税金で賄われる) 施設の建設・維持管理費用が嵩む」というトレードオフを考慮した道路の量の評価基準を定めたい。そこで、“住民一人あたりの最も近い道路までのアクセス費用”と“施設の建設・維持管理費用”の和を最小とするような道路の量を評価基準と定義しこれについて検討する。

道路の建設費用および維持管理費用は道路延長 Λ_2 の増加関数であると考えて良い。いま道路の単位長さあたりの建設費用 a [円/km] ($a > 0$) が不変であり、固定費用が存在しないものと仮定すると、都市全体での道路の建設・維持管理費用 t_C はつぎのように表せる。

$$t_C = a \cdot \Lambda_2$$

2つの仮定(凸領域、一様な直線)から、腰塚(1985)により、地域内の任意地点から最も近い道路までの距離の平均値は $S_2/(2\Lambda_2)$ である。したがって、単位アクセス費用を b [円/人・km] とすれば、住民全体の幹線道路までのアクセス費用 t_A は以下のように計算できる。

$$t_A = b \cdot \frac{P_2 S_2}{2\Lambda_2}$$

以上から、地域住民の費用負担の総額 T は、幹線道路の建設・維持費用 t_C とアクセス費用 t_A の和でつぎのように定式化できることになる。

$$T = t_C + t_A = a \cdot \Lambda_2 + b \cdot \frac{P_2 S_2}{2 \Lambda_2}$$

以下、道路延長 Λ_2 に関する以下の最小化問題の解を求める。

$$\begin{aligned} & \text{minimize } T(\Lambda) \\ & T''(\Lambda) = b P_2 S_2 \Lambda_2^{-3} > 0 \end{aligned}$$

より、目的関数 $T(\Lambda)$ は、区間 $(0, \infty)$ で凸関数である。したがって1階の条件：

$$T'(\Lambda) = a - b \frac{P_2 S_2}{2} \Lambda_2^{-2} = 0$$

を満たす Λ_2 が唯一の最適解である。これを計算して、住民の費用負担を最小にする都市内基幹道路の総延長 Λ^* は、

$$\Lambda^* = \sqrt{\frac{b}{2a}} \sqrt{P_2 S_2}$$

のように求めることができる。したがってある地域において、住民の費用負担を最小にする都市内基幹道路の量（長さ）は、地域の面積と人口の相乗平均に比例することが分かった。

都市内基幹道路の長さ Λ_2 に対応するデータとしては、道路交通センサスの一般国道（その他）を用いる。また分析対象地域を圏域内D I D（人口集中地区）とし、面積 S_2 としてDID面積、人口 P_2 にはDID人口を用いて分析する。前節と同様に都市内基幹道路について都道府県間の比較分析を行う。

表3：DIDの人口、面積および都市内幹線道路延長

	DID人口 [千人]	DID面積 [km ²]	$\sqrt{P_2 S_2}$	Λ_2
北海道	4108	798.0	1810.58	716.5

青 森 県	653	158.9	322.12	116.1
岩 手 県	407	85.6	186.65	75.1
宮 城 県	1371	234.7	567.25	149.6
秋 田 県	386	86.6	182.83	70.5
山 形 県	504	113.8	239.49	128.1
福 島 県	806	178.9	379.73	172.9
茨 城 県	1068	232.8	498.63	88.1
栃 木 県	860	182.3	395.95	171.9
群 馬 県	801	198.1	398.34	225.6
埼 玉 県	5566	677.1	1941.32	651.8
千 葉 県	4342	622.1	1643.52	400.6
東 京 都	12329	1069.7	3631.57	1088.9
神 奈 川 県	8250	943.1	2789.37	902.5
新 潟 県	1139	226.8	508.26	176.9
富 山 県	398	100.5	200.00	147.7
石 川 県	573	104.2	244.35	91.4
福 井 県	333	74.8	157.82	67.3
山 梨 県	305	63.9	139.60	76.5
長 野 県	764	177.0	367.73	209.4
岐 阜 県	822	178.9	383.48	158.9
静 岡 県	2216	415.6	959.67	294.8
愛 知 県	5480	897.3	2217.48	822.5
三 重 県	762	180.0	370.35	140.5
滋 賀 県	614	102.4	250.75	93.5
京 都 府	2162	257.5	746.13	320.7
大 阪 府	8440	901.9	2758.99	1087.5
兵 庫 県	4198	563.0	1537.36	448.9
奈 良 県	908	140.4	357.05	119.5

和歌山県	408	91.2	192.90	82.1
鳥取県	207	47.4	99.05	47.0
島根県	179	42.1	86.81	72.5
岡山県	856	197.9	411.59	165.7
広島県	1832	306.8	749.71	291.8
山口県	708	207.2	383.01	139.7
徳島県	260	56.3	120.99	49.5
香川県	330	77.2	159.61	71.9
愛媛県	748	151.1	336.19	141.1
高知県	341	57.4	139.90	84.7
福岡県	3525	559.7	1404.61	469.5
佐賀県	246	51.8	112.88	46.9
長崎県	688	119.8	287.09	126.8
熊本県	805	147.5	344.58	90.6
大分県	537	113.7	247.10	86.7
宮崎県	512	112.7	240.21	100.1
鹿児島県	689	129.0	298.13	111.3
沖縄県	893	126.0	335.44	166.9

図2-1を見ると、基盤的道路に比べて、都道府県間の相対的な整備水準の差が小さいことが分かる。DID地区そのものは人口密度で定義されており、都道府県の平均的な人口密度の高低が影響しづらいことが大きな理由と考えられる。図2-2は、図2-1の原点付近を拡大したものである。

3-3. 都市間高規格道路

最後に高速道路（高速自動車国道、一般国道の自動車専用道路、高規格幹線道路、都市高速道路）と一般国道（直轄）を対象として都市内高規格道路の整備水準の評価手法について検討してみよう。

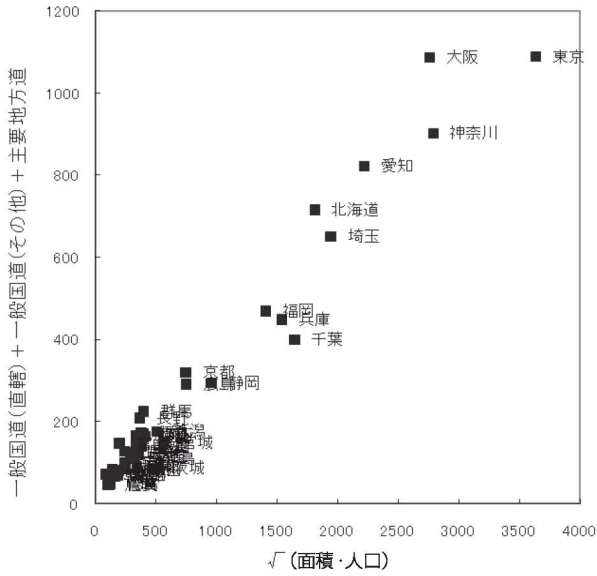


図 2-1 : 都市内基幹道路整備水準の比較 (全都道府県)

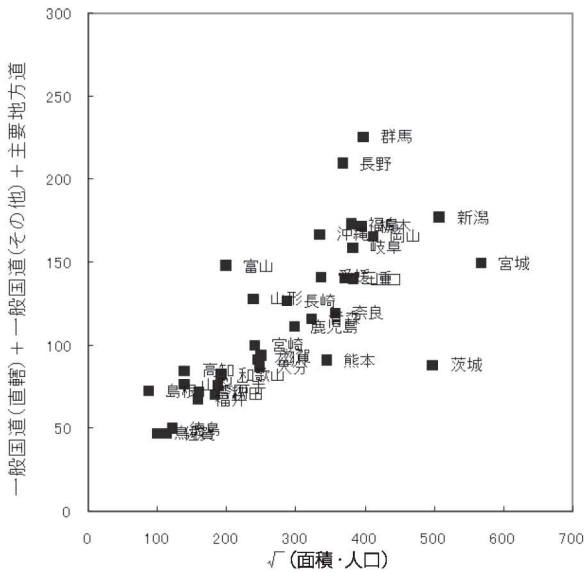


図 2-2 : 都市内基幹道路整備水準の比較 (拡大)

表4： 都道府県の市町数と面積および都市間高規格道路延長

	市	町	面積(全域) [km ²]	$0.675\sqrt{N}$	Λ_1
北海道	35	64	83453.04	0.0344	4661.4
青森県	10	16	9234.52	0.0531	319.0
岩手県	13	10	15278.40	0.0388	490.0
宮城県	13	19	6861.42	0.0683	450.9
秋田県	13	4	11434.11	0.0386	464.5
山形県	13	17	7394.33	0.0637	326.2
福島県	13	24	13782.48	0.0518	542.0
茨城県	32	10	6095.58	0.0830	340.4
栃木県	14	17	6408.28	0.0696	234.3
群馬県	12	15	6363.16	0.0651	267.2
埼玉県	40	28	3767.09	0.1344	289.7
千葉県	35	12	4995.76	0.0970	223.2
東京都	27	4	2102.35	0.1214	224.4
神奈川県	19	13	2415.41	0.1151	141.4
新潟県	12	7	10938.80	0.0417	624.6
富山県	19	19	2801.69	0.1165	171.7
石川県	20	6	4185.22	0.0788	170.2
福井県	10	4	4188.75	0.0578	228.0
山梨県	10	7	4201.17	0.0636	225.8
長野県	21	17	12598.48	0.0549	428.2
岐阜県	23	15	10209.30	0.0610	300.6
静岡県	35	22	7328.52	0.0882	361.0
愛知県	14	11	5117.02	0.0699	203.6
三重県	9	5	5760.68	0.0493	368.7
滋賀県	13	11	3855.08	0.0789	235.1

京 都 府	15	7	4612.94	0.0691	190.5
大 阪 府	33	9	1892.86	0.1490	278.8
兵 庫 県	29	10	8392.03	0.0682	578.5
奈 良 県	12	15	3691.09	0.0855	75.0
和 歌 山 県	9	14	4725.55	0.0698	207.1
鳥 取 県	4	8	3507.17	0.0585	175.3
鳥 根 県	8	7	6707.29	0.0473	177.8
岡 山 県	14	7	7008.57	0.0547	434.8
広 島 県	14	6	8476.95	0.0486	500.4
山 口 県	13	4	6110.45	0.0527	487.2
徳 島 県	7	7	4145.10	0.0581	213.3
香 川 県	8	8	1861.66	0.0927	190.5
愛 媛 県	11	6	5676.22	0.0547	229.9
高 知 県	11	9	7104.66	0.0531	260.2
福 岡 県	27	28	4838.91	0.1066	422.3
佐 賀 県	10	6	2439.23	0.0810	202.7
長 崎 県	13	9	4092.44	0.0733	123.5
熊 本 県	13	10	6908.32	0.0577	294.4
大 分 県	14	2	5804.02	0.0525	267.3
宮 崎 県	9	12	6684.44	0.0561	257.1
鹿 児 島 県	18	19	9132.23	0.0637	314.9
沖 縄 県	11	7	2271.30	0.0890	233.1

高速道路に代表される都市間高規格道路は、基本的には圏域内の複数の都市を結ぶことによって本来の効果が生じると考えられる。高規格道路の単位延長あたりの建設費用ならびに維持管理費用は高価であるから、なるべく総延長を短くしながら必要な都市を結ぶようなネットワークを構成するという考え方には一定の合理性がある。最短木や近隣木ネットワークを用いて、地域間ネット

ワークの最短結合について分析した古山（2003）によれば、1辺が長さ1の正方形内部に一様にランダムに分布する N 個の点を結ぶ最短木の長さの下限値は $0.675\sqrt{N}$ であることが示されている。

本研究の地域間高規格道路の分析には、この指標を用いることにする。ただしノード数 N は、便宜的に単位面積あたりの都市数（市町数）とした。

図3-1から分かるように、この指標で評価すると北海道が圧倒的に道路が多いという結果になる。この要因としては、そもそも人口密度が低いため、面積に対して市町の数が少ないことがあげられる。これ以上に、今回の分析では一般国道（直轄）も参入したため、他の都府県と比べて直轄国道の割合が極めて高い北海道は、対象道路延長が長めに計算されたと考えられる。図3-2に北海道を除いた都府県のデータを示す。図3-2を見ると、東京、大阪、神奈川など人口密度が高い都府県の整備水準が低く、逆に東北地方などで相対的に整備水準が高いことが示されている。前述のように、ここで用いた評価手法は、人口や面積に関係なく（一定程度の規模の）都市数の密度に依存する構造となっているから、都市がまばらに分布している地域ほど結果的に都市間ネットワークを担う道路が多く建設されている実態をある程度反映したものと解釈できよう。

4. まとめと今後の展望

本研究は、道路の階層構造の特性を反映させた地域間の道路整備水準の比較分析の手法を提案した。さらに都道府県データを用いて試算した結果、地域ごとの道路構成の特性を反映した道路整備水準の評価を示すことができた。今後は分析地域の単位、道路区分の整理、人口や面積等の地域データの対応などに検討を要する。なお、本研究は小樽商科大学地域研究会の平成21年度研究プロジェクト助成を受けたものである。

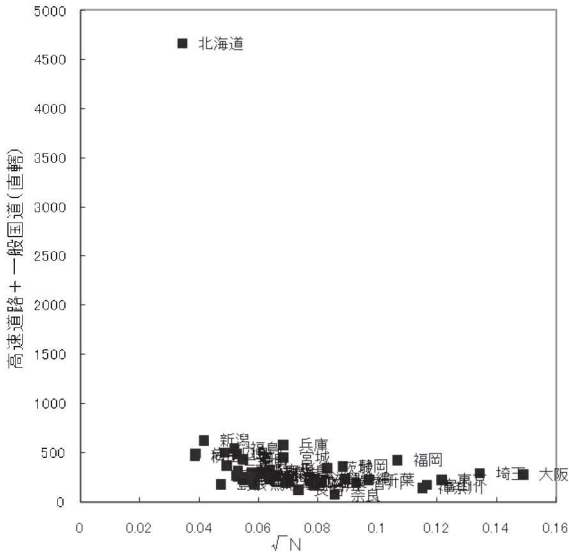


図 3-1 : 都市間高規格道路整備水準の比較 (全都道府)

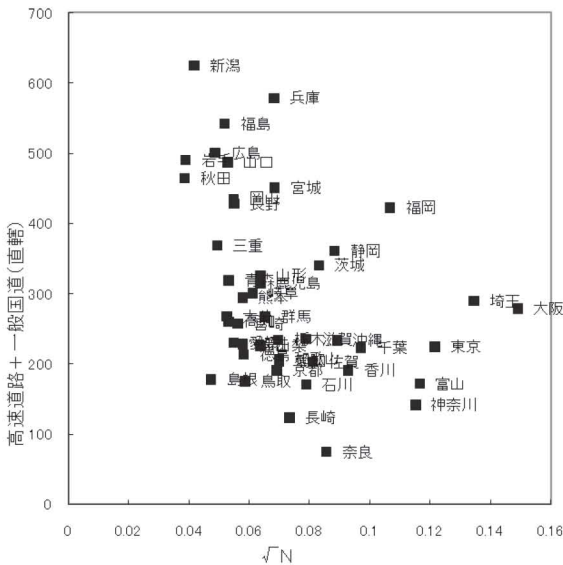


図 3-2 : 都市間高規格道路整備水準の比較 (全都道府県)

参考文献

- 大津（2002）：大津 晶：「線的都市施設の適正な量について」，日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集， pp.162-163.
- 交通工学研究会（2007）：交通工学研究会，『全国道路・街路交通情勢調査一般交通量調査（CD-ROM）』，交通工学研究会.
- 新谷（2003）：新谷洋二，『都市交通計画』，技報堂出版.
- 腰塚（1985）：腰塚武志，「都市施設の密度と利用者からの距離との関係について」，日本都市計画学会学術研究論文集，第20号， pp.85-90.
- 古山（2003）：古山正雄，「地域間ネットワークにおける最短結合と近隣結合に関する理論的考察」，日本都市計画学会学術研究論文集，第38-3号， pp.379-384.