

交通環境の定量的評価と地域の健康状態に与える影響の分析

山梨大学 工学部土木環境工学科 学生会員 ○遠山 将也
山梨大学 大学院医学工学総合研究部 正会員 佐々木 邦明

1. はじめに

わが国は、総人口に占める65歳以上の老年人口が増大している高齢化社会である。近年(平成26年)の推計人口¹⁾によると、高齢者人口が約3300万人に達し、総人口の約26.0%となっている。将来予測では平成72(2060)年には、39.9%に達し、2.5人に1人が高齢者になると予測されている。山梨県も例外でなく、平成26年の推計人口²⁾によれば、老年人口は約22.8万人であり、県総人口の27.5%を占めており全国的に見て高齢化率が高い地域と言える。一方で、交通は日常生活における活動の基盤となるものである。しかし都心に比べて山梨県は鉄道やバスなどの公共交通機関の利用割合は乏しい状況となっている。基本的な交通手段は約70%が自家用車であり、いわゆるドア・ツー・ドアの状態となっている。しかし、高齢者は年齢を重ねるごとに、日常の買い物や通院に際して、自家用車の運転が困難となり、移動手段を持たない高齢者が増え、身体機能の低下に伴い、長距離の歩行が困難になっていく。また、居住周辺地域の交通環境、歩道が無い、坂道が多い、交通量が多い、ガードレールが整備されていない、公共交通機関が整備されていない場合、高齢者が外出する機会が減少し、生活、健康に影響を及ぼしていると考えられる。

本研究の目的は、地域交通環境を指標化し、交通環境の定量的評価、地域交通環境が高齢者の生活、健康にどのような影響を及ぼしているのか明らかにしていく。

2. 対象地域

本研究では、山梨県笛吹市石和町四日市場、中川、一宮町田中、塩田、千米寺、東・狐新居を対象地域とする。

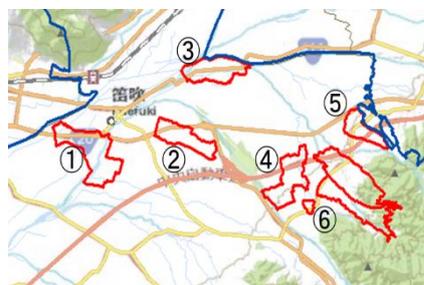
平成24年の推計人口によると石和町は総人口26,971人、高齢化率が21.6%となっておりデマンド交通が1路線、民営バスが3路線運行している。一方、一宮町は総

キーワード：ロジスティック回帰分析、マルチレベルモデル

山梨大学土木環境工学科交通工学講座

(〒400-8511 甲府市武田 4-3-11 Tell/Fax 055-220-8671)

E-mail: t12ce041@yamanashi.ac.jp



- ① 四日市場
- ② 中川
- ③ 田中
- ④ 塩田
- ⑤ 千米寺
- ⑥ 東・狐新居

図1. 山梨県笛吹市

人口11,003人、高齢化率25.2%となっており、市営バスが1路線運行している地域である。

3. 既存研究

2014年に紅林ら³⁾が地域交通環境の指標化とその生活への影響に関する研究を行った。「外出のしやすさ」と「歩きやすさ」に着目し、交通環境が地域住民にどのような影響を与えているのか分析を行った。歩道代表幅員は運動の頻度・健康状態・生活の評価に影響を及ぼしていることが分かった。

Ewing & Handy らの研究⁴⁾では、幅広くかつ客観的に都市街路環境の品質を測定し、人口密度や住宅密度などを指標として評価を行った。

3. 指標化

3.1 歩きやすさの指標化

歩きやすさの指標として本研究では道路環境とウォークアビリティ⁵⁾について着目した。ウォークアビリティとは歩きやすさを表した指数である。Ewing & Handy らの研究では先行研究では歩きやすさを評価要素として人口密度、住宅数などが用いられていた。また紅林らの研究では、笛吹市道路台帳データを基に歩きやすさの指標として、平日交通量、歩道整備率、両側歩道整備率、代表幅員、勾配を要素として取り入れていた。本研究では、既存研究を参考にし、歩きやすさは道路環境だけでなく、人口密度、住宅密度など、道路環境の要素も影響を与えるのではないかと考え、指標として取り入れた。また安全と感じる道路環境が歩きやすいと思うのではないかと考えガードレール整備率を導入した。指標の算出方法として、歩道整備率は、対象地域内の歩道が整備され

ている道路の総延長を算出し、地域内道路の総延長との割合を取る。歩道幅員では、歩道幅員を計測し道路の長さで重み付けを行い、足し合わせて算出した。ガードレール整備率は、対象地域内の歩道が整備されている道路の総延長を算出し、地域内道路の総延長との割合を取り算出した。

表 1. 地域道路環境

地域名	歩道設置率(%)	両側歩道設置率(%)	歩道2m以上の道路割合
四日市場	26.5	10.4	19.4
中川	6.50	6.26	6.3
田中	20.9	0.1	2.5
塩田	11.7	11.7	10.6
千米寺	7.0	0.8	0.8
東・狐新居	15.0	0	0

表 2. ウォークアビリティ

	人口密度(人/100m ²)	住宅密度(戸/km ²)	ガードレール整備率	勾配(%)
四日市場	20.3	5.16	13.2	0.80
中川	15.8	4.70	6.26	1.00
田中	11.5	3.53	1.38	0.50
塩田	9.95	2.04	0	3.50
千米寺	3.05	1.04	0	3.80
東・狐新居	1.72	0.57	0	4.00

3.2 外出のしやすさの指標化

3.2.1 ドライブアビリティ指数

外出のしやすさの指標化としてドライブアビリティ指数⁶⁾とアクセシビリティ指数を導入する。本研究ではドライブアビリティ指数は、「自家用車での外出のしやすさを指す指標」と定義する。運転者の外出しやすさに影響を与える要素として代表車道幅員、センターライン割合を要素として取り入れた。指標の算出方法として、代表車道幅員は対象地域内の道路の車道幅員を計測し、道路の長さで重み付けをした。ガードレール整備率は地域内のガードレールが整備されている道路の総延長を地域内道路の総延長との割合を取る。

表 3. ドライブアビリティ

	平均車道幅員	センターライン割合
四日市場	6.12	27.3
中川	5.56	6.26
田中	5.77	21.15
塩田	5.94	7.46
千米寺	5.41	13.11
東・狐新居	5.09	15.04

3.2.2 アクセシビリティ指数

アクセシビリティ⁷⁾とは、「ある任意の目的地から出発地までの交通利便性」を指す。国土交通省の研究会で価値総合研究所が国勢調査のメッシュをベースとして算出されたものであり、本研究では同様にそれを用いる。出発地を居住地、目的地を人々の日常生活に必要な活動場所ということで、医療施設、買物施設、行政施設と設定する。これらの施設をさらに規模や用途によってそれぞれ2つに分類した6分類を目的地としている。アクセシビリティ指標を算出する際には、1つの出発地につき

一般化費用が低い2つのメッシュの中心点を目的地とする。これは複数の選択肢を最低限確保することが大切であることと、一つの対象施設が近くとも2つ目の代替施設が遠い場合には、アクセシビリティは低いとするためである。この2つの目的地の選択確率を反映する「期待最小費用」に、それが正の値になるような定数を加えた値をアクセシビリティ指標としている。そして、移動手段は公共交通機関と自動車を利用した場合の2通りで算出されている。公共交通利用時のアクセシビリティ指数

$$AM_i = -\frac{1}{\theta_M} \ln[\exp(-\theta_M TM_{i1}) + \exp(-\theta_M TM_{i2})] + \alpha$$

➤ 自動車利用時のアクセシビリティ指数

$$AC_i = -\frac{1}{\theta_C} \ln[\exp(-\theta_C TC_{i1}) + \exp(-\theta_C TC_{i2})] + \alpha$$

i : 出発地 j : 目的地

TM_{i1} : 公共交通利用時の出発地 i から 1 番目の目的地までの一般化費用 (単位: 分)

TM_{i2} : 公共交通利用時の出発地 i から 2 番目の目的地までの一般化費用 (単位: 分)

TC_{i1} : 自動車利用時の出発地 i から 1 番目の目的地までの一般化費用 (単位: 分)

TC_{i2} : 自動車利用時の出発地 i から 2 番目の目的地までの一般化費用 (単位: 分)

θ : 目的地選択のための分散パラメータ

($\theta_M = 0.0162$, $\theta_C = 0.0159$) α : 定数項 ($\alpha = 43.6$)

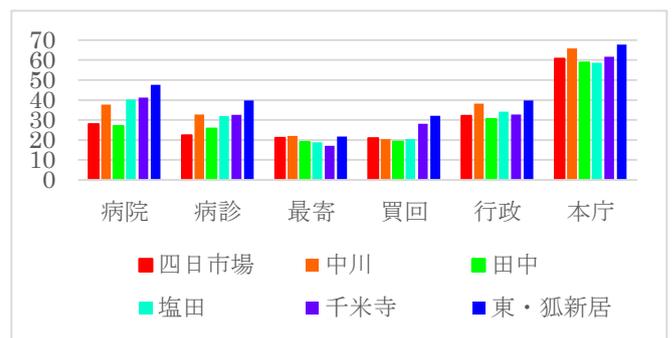


図 2. 公共交通利用時のアクセシビリティ指数

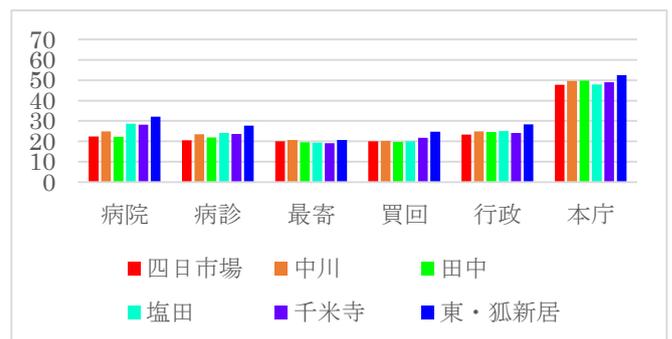


図 3. 自動車利用時のアクセシビリティ指数

4. 分析方法

分析方法としてマルチレベルのロジスティック回帰分析を用いる。マルチレベルとは、階層性のある（地域と個人）データを階層ごとに分析を行うための手法であり、地域の違いと個人間の違いに分解しデータに対して適切な分析を行う。ロジスティック回帰分析とは発生確率を予測する手法である。“Yes or No”のように、2値しかとらない値を従属変数の実績値として使用し、説明変数を用いてその発生確率を説明するという構造である。先行研究で行った交通と歩行に関する実態調査で“運動頻度”“健康状態”“生活評価”“外出頻度”“散歩・ウォーキング頻度”に関してのアンケートを行った。その結果を従属変数に取り入れ、“地域の道路環境”“ウォーカビリティ指数”“ドライブアビリティ指数”“アクセシビリティ指数”を説明変数に取り入れ、地域交通環境が高齢者の生活、健康にどのような影響を及ぼしているのか明らかにしていく。マルチレベルモデル、ロジスティック回帰分析の式は以下の通りである。

▶ マルチレベルモデル

$$\text{地域} \quad b_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j} \quad b_{1j} = \gamma_{10} + u_{1j}$$

$$\text{個人} \quad y_{ij} = b_{0j} + b_{1j}x_{1ij} + e_{ij}$$

b_{0j} : 切片 γ_{00} : 全体の切片の平均値

u_{0j} : 各集団特有の切片 b_{1j} : 傾き

γ_{10} : 全体の傾きの平均値 u_{1j} : 各集団特有の傾き

i : 個人 j : 集団

▶ ロジスティック回帰

$$l = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_px_p$$

$$p = \frac{1}{1 + \exp(-l)}$$

$$= \frac{1}{1 + \exp(-b_0 - b_1x_1 - \dots - b_px_p)}$$

l : ロジット (対数オッズ)

p : 発生確率

b_0 : 定数 $b_1 \sim b_p$: 偏回帰係数

5. 分析結果

マルチレベル⁸⁾のロジスティック回帰分析を行う。地域の交通環境が65歳以上の地域住民の生活、健康にどのような影響を及ぼしているのか示したものである。表5.1の運動頻度と勾配の場合を例に挙げて説明すると、勾配が1度上がると、“週1回以上運動する人が

0.33倍になるということである。要するに、勾配が上がると地域住民の運動頻度が減少するということである。また健康状態と人口密度の場合では人口密度(人/100m²)が1上がると“健康である”と回答する人が1.46倍になる。つまり人口密度が高くなると“健康である”と回答する人が増えるということである。米印が1つある場合は有意水準5%で有意性があり、米印が2つある場合は有意水準1%で有意性があることを表している。本研究では有意水準は5%を用いる。表のパラメータ値は運動頻度、健康状態、生活評価、外出、散歩・ウォーキング頻度を合わせた点数化した値とそれぞれの指標とをマルチレベル分析した結果である。

表 4.1 地域道路環境オッズ比

	運動頻度	健康状態	生活評価	外出頻度	散歩・ウォーキング
性別	0.90	1.06	0.89	0.65	1.11
仕事有無	1.14	1.07	0.79	0.81	1.05
家族人数	0.87	0.99	1.06	0.76	0.98
歩道整備率	1.08	1.04	0.99	1.00	1.03
両側歩道整備率	1.07	1.04	1.17	0.79	1.12
歩道2m以上割合	1.00	1.00	0.93	1.28	0.95

表 4.2 パラメータ値

	係数	標準誤差	t値	P値
切片	14.06	2.01	7.00	0.00
性別	-0.72	0.77	-0.94	0.35
仕事有無	0.15	0.80	0.19	0.85
家族人数	0.21	0.30	0.70	0.49
歩道整備率	-0.06	0.11	-0.50	0.67
両側歩道整備率	-0.06	0.22	-0.26	0.82
歩道2m以上割合	0.04	0.25	0.14	0.90
誤差分散	0.03			
ランダム切片の分散	4.44			

表 5.1 ウォーカビリティオッズ比

	運動頻度	健康状態	生活評価	外出頻度	散歩・ウォーキング
性別	0.90	0.96	0.79	0.69	1.05
仕事有無	1.15	1.37	1.02	0.70	1.20
家族人数	0.88	1.05	1.13	0.77	1.01
人口密度	1.73***	1.46*	1.30	1.32	1.27
住宅密度	0.05**	0.09	0.46	0.15	0.35
ガードレール整備率	1.11	1.15	0.98	1.13	1.02
勾配	0.33*	1.64	1.56	0.32	0.91

表 5.2 パラメータ値

	係数	標準誤差	t値	P値
切片	5.87	4.93	1.19	0.24
性別	-0.80	0.78	-1.02	0.31
仕事有無	0.32	0.83	0.39	0.70
家族人数	0.16	0.30	0.52	0.61
人口密度	-0.54	0.37	-1.47	0.38
住宅密度	3.67	2.21	1.67	0.34
ガードレール整備率	-0.23	0.16	-1.40	0.39
勾配	1.46	1.03	1.42	0.39
誤差分散	0.02			
ランダム切片の分散	4.43			

表 6.1 ドライブアビリティオッズ比

	運動頻度	健康状態	生活評価	外出頻度	散歩・ウォーキング
性別	0.97	1.07	0.86	0.68	1.13
仕事有無	1.02	1.06	0.84	0.76	1.00
家族人数	0.83	0.98	1.08	0.77	0.96
代表車道幅員	4.67*	1.63	1.62	3.30	1.83
センターライン割合	1.04	1.03	0.96	1.08*	0.99

表 6.2 パラメータ値

	係数	標準誤差	t値	P値
切片	17.8	6.62	2.69	0.01
性別	0.69	0.77	0.89	0.37
仕事有無	-0.093	0.79	-0.12	0.91
家族人数	0.23	0.3	0.77	0.45
センターライン割合	-0.067	0.051	-1.33	0.28
代表車道幅員	-0.89	1.16	-0.77	0.50
誤差分散	0.03			
ランダム切片の分散	4.43			

表 7.1 アクセシビリティ指数 (病院) オッズ比

	運動頻度	健康状態	生活評価	外出頻度	散歩・ウォーキング
性別	0.93	1.01	0.80	0.76	1.04
仕事有無	1.03	1.13	0.92	0.65	1.11
家族人数	0.87	1.04	1.12	0.73	1.01
公共交通	0.76*	0.79*	0.93	0.86	0.90
自動車	1.55*	1.64*	1.32	1.10	1.28

表 7.2 パラメータ値

	係数	標準誤差	t値	P値
切片	11.9	4.68	2.54	0.012
性別	0.66	0.77	0.85	0.40
仕事有無	-0.05	0.82	-0.06	0.95
家族人数	0.22	0.30	0.74	0.46
公共交通	0.19	0.23	0.83	0.47
自動車	-0.27	0.46	-0.60	0.59
誤差分散	0.0001			
ランダム切片の分散	4.46			

表 8.1 アクセシビリティ指数 (病診) オッズ比

	運動頻度	健康状態	生活評価	外出頻度	散歩・ウォーキング
性別	0.94	1.04	0.83	0.75	1.07
仕事有無	1.00	1.07	0.89	0.68	1.03
家族人数	0.85	1.00	1.09	0.73	0.98
公共交通	0.74*	0.79	1.06	0.82	0.93
自動車	1.70	1.69	0.95	1.17	1.20

表 8.2 パラメータ値

	係数	標準誤差	t値	P値
切片	17.5	10.4	1.69	0.09
性別	0.68	0.77	0.89	0.38
仕事有無	-0.07	0.80	-0.09	0.93
家族人数	0.21	0.30	0.67	0.51
公共交通	0.38	0.32	1.17	0.32
自動車	-0.73	0.83	-0.89	0.44
誤差分散	0.0001			
ランダム切片の分散	4.46			

表 9.1 アクセシビリティ指数 (最寄) オッズ比

	運動頻度	健康状態	生活評価	外出頻度	散歩・ウォーキング
性別	0.95	1.14	0.87	0.67	1.13
仕事有無	1.17	1.01	0.82	0.83	1.01
家族人数	0.85	0.96	1.09	0.76	0.97
公共交通	3.00**	1.46	0.98	2.04	1.42
自動車	0.03***	0.18	0.51	0.10	0.27

表 9.2 パラメータ値

	係数	標準誤差	t値	P値
切片	-30.5	28.8	1.06	0.29
性別	0.65	0.77	0.85	0.40
仕事有無	-0.22	0.79	-0.28	0.78
家族人数	0.23	0.30	0.77	0.44
公共交通	-0.81	0.79	-1.02	0.38
自動車	3.00	2.18	1.35	0.27
誤差分散	0.0001			
ランダム切片の分散	4.44			

表 10.1 アクセシビリティ指数 (買回) オッズ比

	運動頻度	健康状態	生活評価	外出頻度	散歩・ウォーキング
性別	0.95	1.00	0.83	0.70	1.09
仕事有無	1.12	1.30	0.92	0.80	1.06
家族人数	0.83	0.94	1.07	0.72	0.96
公共交通	1.12	1.96*	1.87	1.16	1.16
自動車	0.60	0.18*	0.22	0.54	0.66

表 10.2 パラメータ値

	係数	標準誤差	t値	P値
切片	-3.09	12.2	-0.25	0.80
性別	0.71	0.78	0.91	0.36
仕事有無	-0.35	0.82	-0.43	0.67
家族人数	0.28	0.3	0.93	0.36
公共交通	-0.42	0.36	-1.15	0.33
自動車	1.18	0.96	1.23	0.31
誤差分散	0.0001			
ランダム切片の分散	4.46			

表 11. 1 アクセシビリティ指数 (行政) オッズ比

	運動頻度	健康状態	生活評価	外出頻度	散歩・ウォーキング
性別	0.98	1.09	0.84	0.73	1.10
仕事有無	1.04	1.03	0.87	0.75	1.01
家族人数	0.82	0.98	1.09	0.72	0.97
公共交通	0.86	0.87	1.00	0.88	0.98
自動車	0.95	1.12	0.98	0.87	0.99

表 11.2 パラメータ値

	係数	標準誤差	t値	P値
切片	5.66	6.84	0.83	0.40
性別	0.63	0.78	0.81	0.42
仕事有無	-0.06	0.80	-0.08	0.94
家族人数	0.25	0.30	0.81	0.42
公共交通	-0.04	0.40	-0.09	0.93
自動車	0.20	0.19	1.07	0.36
誤差分散	0.0001			
ランダム切片の分散	4.44			

表 12.1 アクセシビリティ指数 (本庁) オッズ比

	運動頻度	健康状態	生活評価	外出頻度	散歩・ウォーキング
性別	0.98	1.12	0.87	0.69	1.13
仕事有無	1.12	1.03	0.83	0.81	1.01
家族人数	0.83	0.96	1.07	0.75	0.96
公共交通	0.90	0.93	1.02	0.92	0.99
自動車	0.87	0.94	0.80	0.92	0.88

表 12.2 パラメータ値

	係数	標準誤差	t値	P値
切片	1.18	12.2	0.10	0.92
性別	0.64	0.77	0.83	0.40
仕事有無	-0.18	0.80	-0.22	0.83
家族人数	0.24	0.30	0.80	0.42
公共交通	0.10	0.17	0.60	0.60
自動車	0.09	0.37	0.24	0.82
誤差分散	0.0001			
ランダム切片の分散	4.46			

6. まとめ

本研究では地域毎の歩きやすさ、外出のしやすさを定量的に評価した。ロジスティック回帰分析の結果、運動頻度、健康状態が地域の交通環境に影響を及ぼしていることが分かった。

参考文献

- 1) 総務省統計局 <http://www.stat.go.jp/>
- 2) 山梨県笛吹市 HP
<https://www.city.fuefuki.yamanashi.jp/>
- 3) 地域交通環境の指標化とその生活への影響に関する研究 紅林哲
- 4) Measuring the Unmeasurable: Urban Design Qualities (測定不可能な測定)
Ewing & Handy
- 5) 住宅・土地統計調査で測る都市のウォークアビリティ
山田育穂
- 6) 高齢社会と道路交通環境のあり方についての提言
社団法人日本自動車工業会
- 7) 国土交通政策研究所：交通アクセシビリティ指標に関する調査研究，2013 国土交通省
- 8) 階層線形モデル/マルチレベルモデル/線形混合モデル
<http://mizumot.com/lablog/archives/>