

表10 禁煙領域の環境評価指標の国際比較

指標の種類	指標	日本	米国	英国	
短期	禁煙したい割合	59%	70% *b	72% *g	
	準備期の割合	11%	20% *c	12% *g	
	医師からの禁煙のすすめ	32%	62% *d	—	
中期	禁煙試行者率(過去1年以内、1日以上)	18%	41% *d	29% *h	
	禁煙の薬剤を用いた禁煙試行率	2%	22% *d	17% *h	
	・OTCを用いた禁煙試行率	2%	—	9% *h	
	・処方箋薬を用いた禁煙試行率	1%	—	8% *h	
長期	年間禁煙率	5%	—	9% *i	
		(3ヵ月継続)	—	(3ヵ月継続)	
		—	3% *e	2% *j	
			(長期継続)	(長期継続)	
	喫煙率	男性	43% *a	22% *f	25% *g
		女性	12% *a	19% *f	23% *g
禁煙率(ES/CS+ES)	男性	36% *a	56% *f	54% *g	
	女性	29% *a	53% *f	49% *g	

日本:

\*a 厚生労働省 平成16年度国民健康・栄養調査

米国:

\*b CDC Cigarette smoking among adults—US 2000. MMWR Morb Mortal Wkly Rep 2002; 51: 642–645.

\*c Velicer WF, et al. Distribution of smokers by stage in three representative samples. Prev Med 1995; 24: 401–411.

\*d Cokkinides E, et al. Under-use of smoking-cessation treatments—results from National Health Interview Survey, 2000. Am J Prev Med 2005; 28: 119–122.

\*e Smoking cessation during previous year among adults—US 1990 and 1991. MMWR Morb Mortal Wkly Rep 1993; 42: 504–507.

\*f CDC Behavioral Risk Factor Surveillance System, Prevalence data—Tobacco use, 2005.

英国:

\*g Smoking-related behaviour and attitudes, 2005. Office for National Statistics.

\*h West R, et al. Impact of UK policy initiatives on use of medicines to aid smoking cessation. Tobacco Control 2005; 14: 166–171.

\*i Royal College of Physicians. Nicotine addiction: a report of the tobacco advisory group for the Royal College of Physicians. 2000.

\*j West R, et al. Smoking cessation and smoking patterns in the general population: a 1-year follow-up. Addiction 2001; 96: 891–902.

(資料1)

喫煙者をモニタリングの対象とした禁煙領域の環境評価指標— 調査票における質問項目

指標の種類	質問および回答選択肢
禁煙意図 (ステージ)	禁煙したいですか。 1. はい 2. いいえ
	禁煙することにどれくらい関心がありますか。 1. 関心がない 2. 関心があるが、今後6ヵ月以内に禁煙しようとは考えていない 3. 今後6ヵ月以内に禁煙しようと考えているが、この1ヵ月以内に禁煙する考えはない 4. この1ヵ月以内に禁煙しようと考えている
効果的な禁煙方法を用いての禁煙意図	禁煙するとしたら、どのような方法で禁煙しますか。(複数回答可) 1. 何も使わない(自分の力で禁煙する) 2. 本を読んだり、インターネットで調べた情報を参考に、自分で禁煙する 3. インターネットや携帯電話による「禁煙マラソン」や「卒煙ネット」などのプログラムに参加する 4. 「禁煙コンテスト」などの通信制のプログラムに参加する 5. ニコチンガムを使う 6. ニコチンパッチ(ニコチンの入った貼り薬)を使う 7. 健康保険を使って禁煙指導を受ける 8. 自費で禁煙専門外来を受診する 9. その他( )
たばこ税増税への賛否	たばこ1箱あたり、あとどのくらいの値上げ幅であれば、たばこの値上げに賛成できますか。ただし、たばこの値上げ分の一部または全ては、たばこ対策のためのなどの費用にあてられると仮定してお答えください。 1. 200円以上 2. 100~200円未満 3. 50~100円未満 4. 50円未満 5. 値上げなし、または値上げに反対 6. わからない
利用可能な禁煙支援サービスの認知	禁煙に役立つ以下の方法のうち、知っているもの全てに○をつけて下さい。(複数回答可) ※回答選択肢は、「有効な禁煙方法を用いての禁煙の意図」の内容に準じた。
禁煙治療の保険給付制度化の認知	今年の4月から、禁煙するのに健康保険が使えるようになったことを知っていますか。 1. はい 2. いいえ
1年以内の医療従事者からの禁煙アドバイス	過去1年間に、医療関係者から禁煙のアドバイスを受けましたか。(複数回答可) 1. 受けていない 2. 医師から受けた 3. 看護師・保健師から受けた 4. 薬剤師から受けた 5. 上記以外の医療従事者から受けた 6. その他( )
1年以内の医療機関受診時の医師からの禁煙のすすめおよびその具体的内容	(過去1年間に病気にかかって医療機関を受診した経験のある人を対象) 病気にかかって医療機関を受診した際に、医師から禁煙をすすめられましたか。 1. すすめられた 2. すすめられなかった
	医師に禁煙をすすめられた際、どのような指導を受けましたか。(複数回答可) 1. 禁煙するように言われた 2. 喫煙の危険性について説明を受けた 3. 禁煙の方法について説明を受けた 4. ニコチンパッチ(ニコチンの入った貼り薬)を処方された 5. 薬局でのニコチンガムの購入をすすめられた 6. パンフレットなどの禁煙教材をもらった 7. 健康保険による禁煙指導を受けた 8. 自費で禁煙指導を受けた 9. 禁煙指導が受けられる医療機関を紹介された 10. その他( )
1年以内・1日以上禁煙意図をもった禁煙試行と用いた禁煙方法	過去1年間に、禁煙することを目的に1日以上続く禁煙をしましたか。 1. はい 2. いいえ
	上記の質問で回答された禁煙のうち、最も長く禁煙された時は、どのような方法でしましたか。(複数回答可) ※回答選択肢は、有効な禁煙方法の内容に準じた。

回答選択肢※

(資料2)

Tobacco Control Scale (Tobacco Control 15:247-253, 2006)に沿って日本のたばこ対策の現状を採点(2007年1月時点)

1. 2007年1月時点のたばこ価格/GDP per capita (最高30点) [7点]  
[GDP per capitaは英国とほぼ同じと見なし得るので、  
マルボロー(¥320)や最も売れ筋のマイルドセブン(¥300)の価格を  
英国でのマルボロー価格(1280円)などと比較して計算する。  
(2006年7月からマルボロー320円、マイルドセブン320円、2007年1月ロンドンでのマルボローは5.34ポンド(1280円))
2. 2007年1月時点の職場や公の場での禁煙(加点方式、最高22点) [4点]
  - 1) カフェやレフトラン以外の職場(1個選択、最高10点) [2点]  
例外なしの喫煙室もない完全禁煙(義務化)=10点、  
完全禁煙だが閉鎖喫煙室の設置は可(義務化)=8点、  
完全禁煙だが喫煙場所の設置は可(義務化)=6点、  
実効性のある禁煙(義務化)=4点、  
法律はあるが義務化されていない禁煙奨励=2点
  - 2) カフェやレフトラン(1個選択、最高8点) [0点]  
完全禁煙(義務化)=8点、  
完全禁煙だが閉鎖喫煙室の設置は可(義務化)=6点、  
実効性のある禁煙(義務化)=4点、  
法律はあるが義務化されていない禁煙奨励=2点
  - 3) 公共交通機関や公の場所(加点方式、最高4点) [2点]  
国内列車の例外なしの完全禁煙=1点、  
他の国内公共交通機関の例外なしの完全禁煙=1点 0  
教育・病院・政府機関・文化施設の例外なしの完全禁煙=2点 1  
または上記施設の完全禁煙だが喫煙場所の設置は可=1点 1
3. 2006年度の政府の禁煙対策予算/GDP per capita (最高15点) [0点]  
[英国が最高の15点を獲得しているので、英国と比較して計算する]
4. 2007年1月時点のたばこ広告や販売促進の禁止(加点方式、最高13点) [6点]

テレビでのたばこ広告完全禁止=3点、	1.5
戸外でのたばこ広告(ポスターなど)完全禁止=2点、	2
印刷メディア(新聞、雑誌など)でのたばこ広告完全禁止=2点、	1
たばこの間接広告(たばこのブランドの衣服や時計など)完全禁止=2点、	0
売り場での広告禁止=1点、	0
映画館での広告禁止=1点	0
スポンサーとなることの禁止=1点、	1
インターネット広告の禁止=1/2点、	0
ラジオ広告の禁止=1/2点	0.5
5. 2005年7月時点のたばこ箱の大きな直接的警告表示(加点方式、最高10点) [4点]
  - 1) 健康被害警告を適宜取り替えつつ表示=2点、 [2点]
  - 2) 警告の大きさ(1個選択、最高4点) [2点]  
箱の表面積の10%以下=1点、  
箱の表面積の11-25%=2点、  
箱の表面積の26-40%=3点、  
箱の表面積の41%以上=4点、
  - 3) 目立つ色の使用=1点 [0点]
  - 4) 写真やイラスト使用=3点 [0点]
6. 喫煙者の禁煙治療(加点方式、最高10点) [6点]
  - 1) 禁煙ホットライン(1個選択、最高2点) [0点]  
国ないしは地方自治体の予算が十分ある禁煙ホットライン=2点、  
国ないしは地方自治体の予算が不十分な禁煙ホットライン=1点、
  - 2) 禁煙治療のネットワーク(1個選択、最高3点) [3点]  
全国をカバー=3点、  
一部特別地域(大都市など)のみ=2点、  
ごく限られた地域のみ=1点
  - 3) 禁煙治療の費用補助(1個選択、最高3点) [2点]  
全額無料=3点、  
一部有料=2点、  
有料=0点、
  - 4) 禁煙治療の薬剤費(1個選択、最高2点) [1点]  
全額無料=2点、  
一部有料=1点

[合計: 27点]

## (資料3)

Tobacco Control Scaleによる欧州30カ国の採点結果

Country	Price (30)	Public place bans (22)	Public info campaign spending (15)	Advertising bans (13)	Health warnings (10)	Treatment (10)	Total (100)
Ireland	23	21	3	12	6	9	74
UK	30	1	15	11	6	10	73
Norway	26	17	5	13	6	4	71
Iceland	25	11	13	13	6	2	70
Malta	19	17	3	9	7	7	62
Sweden	19	15	2	13	6	5	60
Finland	18	12	1	13	7	7	58
Italy	16	17	2	10	6	6	57
France	23	6	4	11	6	6	56
Netherlands	16	9	4	12	6	5	52
Cyprus	21	6	1	12	6	5	51
Poland	16	10	0	12	6	6	50
Belgium	16	8	2	12	7	5	50
Slovakia	18	8	0	11	6	6	49
Hungary	17	6	1	10	6	7	47
Bulgaria *	19	6	0	9	6	6	46
Estonia	14	9	2	11	1	8	45
Denmark	17	3	2	10	6	7	45
Portugal	17	5	-	10	6	1	39
Greece	17	7	0	4	6	4	38
Czech Republic	12	6	0	9	6	5	38
Germany	20	2	0	4	6	4	36
Slovenia	13	6	0	7	6	4	36
Switzerland	15	5	4	4	3	4	35
Lithuania	11	6	1	9	6	1	34
Spain	12	3	3	3	6	4	31
Austria	14	4	0	4	6	3	31
Latvia	9	6	1	6	6	1	29
JAPAN(2007年1月)	7	4	0	6	4	6	27
Romania*	13	6	0	0	3	5	27
Luxembourg	7	4	0	5	7	3	26
JAPAN(2005年7月)	8	3	0	5	4	1	21

Bold countries are EU members; \*accepted to join EU; other, non-EU; - no data. The 10 countries which joined the EU in 2004 are: Cyprus, Czech Republic, Estonia, Hungary, Latvia, Lithuania, Malta, Poland, Slovakia, Slovenia.

(Tobacco Control 2006; 15: 247-253)

## 住環境を考慮した Walkability 指標の開発 — つくば市を事例に —

### A Study of Walkability based on Living Environment

分担研究者 村山 祐司 筑波大学大学院生命環境科学研究科 教授

#### 研究要旨

本研究は、GIS（地理情報システム）を援用して、住環境を考慮した Walkability 指標を開発することを課題としている。今年度は、つくば市を事例として、予察的にウォーカブルな住環境を様々な角度から考察した。人々が歩きやすい・歩きたいと考えられる周囲の環境を評価することによって様々な Walkability 指標を提示し、その有効性を検討した。Walkability は都市の空間構造と密接に関連する。

#### A. 研究目的と方法

人は日常的に歩行活動を行う。それは通勤・通学や、買い物、レクリエーションなどさまざまな場面で行われる。移動手段としては徒歩以外に自転車、公共交通、自動車などが考えられるが、徒歩を選択するのは、歩きやすさや歩きたいという欲求があつてのものである。したがって、周辺的环境は、歩行行動を規定する重要な因子の一つであると考えられる。

この点を踏まえ、本研究は、GIS（地理情報システム）を援用して、住環境を考慮した Walkability を定量的に把握するとともに、その評価指標を開発することを課題としている。

本研究では、住環境に関する指標としては、施設の利用圏、生活関連施設、居住者満足度、歩道の起伏などに注目する。対象地域は茨城県つくば市のつくば駅周辺 4km 四方の範囲である（図 1）。なお、GIS ソフトは ESRI 社の ArcView 9.1 を利用した。

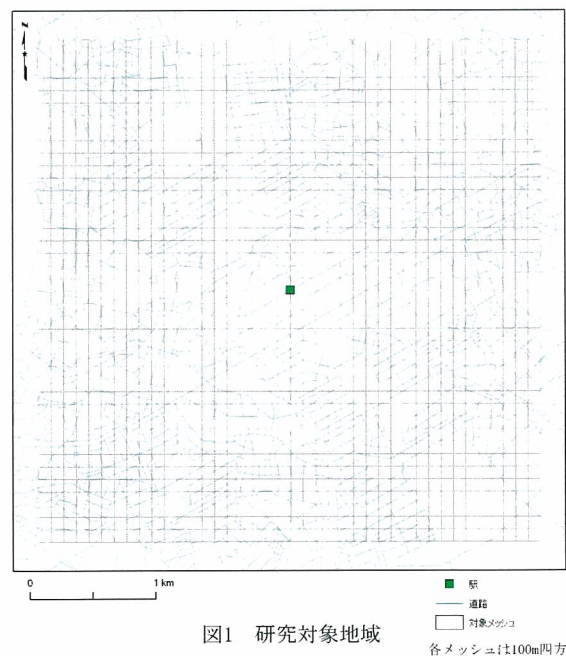


図1 研究対象地域

各メッシュは100m四方

#### B. Walkability 指標

##### 1 施設利用圏

施設利用圏の確定にはネットワークポロノイ分析を用い、各施設の理想的な利用圏を求めた。取り上げた施設は郵便局、コンビニエンスストア、銀行、公園である（図 2～5）。

郵便局は、全体的に利用圏が広く、特に西

側一帯では1つの施設で広大な圏を占めている(図2)。中心部で特に施設が密集しており、立地に偏りがみられる。

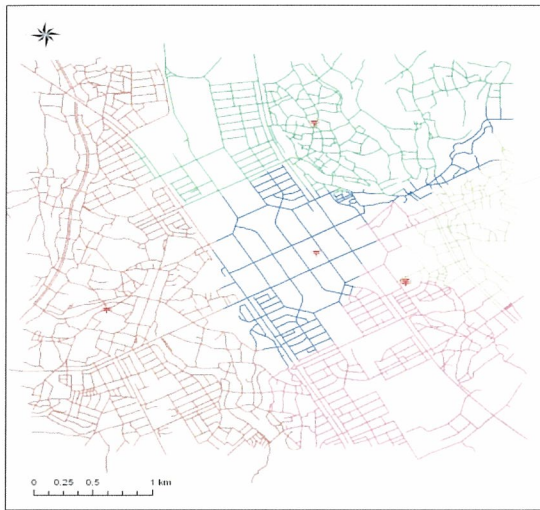


図2 郵便局の利用圏

コンビニエンスストアは、北西部に施設が密集している(図3)。東部、南部で利用圏が広がっている。利用者にとって重要なのは近さであるが、この地域では近接性が劣っている。

銀行については、周辺部の施設数が少なく利用圏が広がっている(図4)。

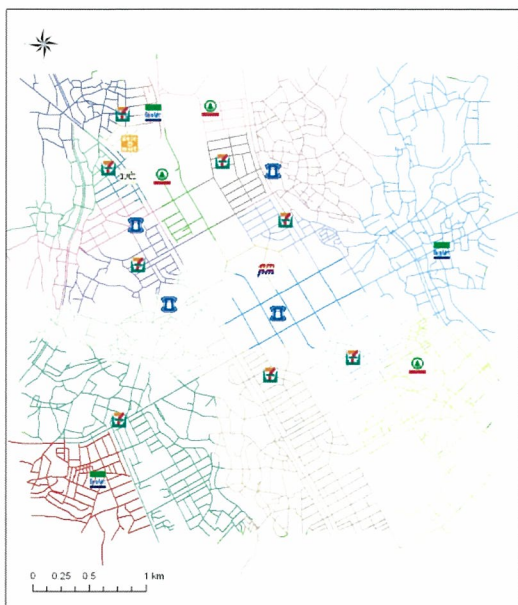


図3 コンビニエンスストアの利用圏

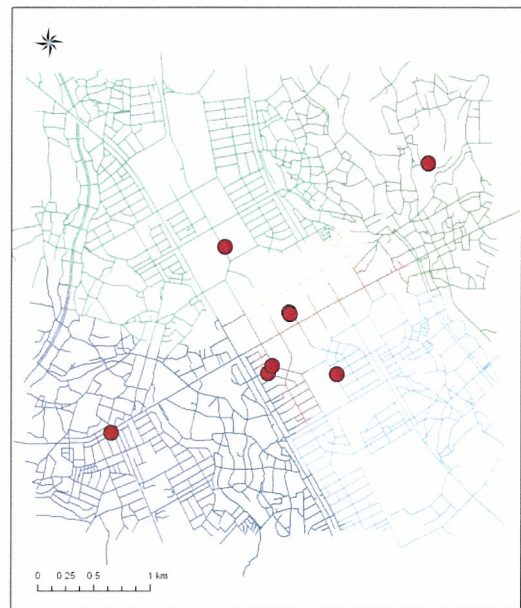


図4 銀行の利用圏



図5 公園の利用圏

一方中心部には施設が密集し、狭小な利用圏が形成されている。

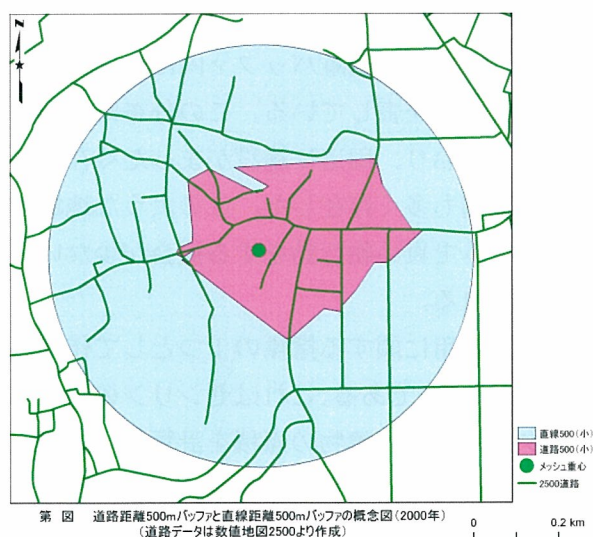
公園については、中心部および南西部では多くの施設が見られ、それらの利用圏はほぼ同規模のエリアを有する(図5)。一方、東部、特に北西部では公園はほとんど見られず、中心部の公園の利用圏に包摂されている。

これらのことから中心部に施設が密集している傾向がみてとれるが、コンビニエンスス

トアは学生が多い北西部、公園は中心部に加え南西部にも施設が多く見られ、地域により差異が顕著である。また、全体的に東部の地域において施設の立地が少ない傾向にある。つくばエクスプレスの駅が存在しないため、この地域は人口の増加は見込まれないと考えられる。このため人口分布と照らし合わせることも必要であろう。

## 2 生活関連施設

生活関連施設の評価を行う際には、まず周囲の環境を距離で定義する必要がある。今回は徒歩で日常的に歩く場合の徒歩圏を 500m と仮定し、メッシュ重心を中心として直線距離で 500m 以内の範囲を、GIS を利用してバッファリングした。同時に、より住民の意識に即した評価を行うため Network Analyst 機能を使用し、道路（ネットワーク）距離で 500m 以内の範囲を抽出した。この 2 つを比較すると図 6 のようになる。



これを見ると、同じ点から 500m の範囲をとっても、直線距離と道路距離ではずいぶんアクセス可能な範囲に違いがあることがわかる。このポリゴンの面積比を使って Walkability の指標の 1 つとして考えたものが図 7 である。これは道路距離バッファの面積を、直線距離

バッファの面積で割った値を示している。この数値が大きいほど、道路距離のバッファ面積が直線距離のバッファの面積に近いことを表している。つまりは道路がよく整備されていて 500m で移動可能な範囲が広いことを示唆している。

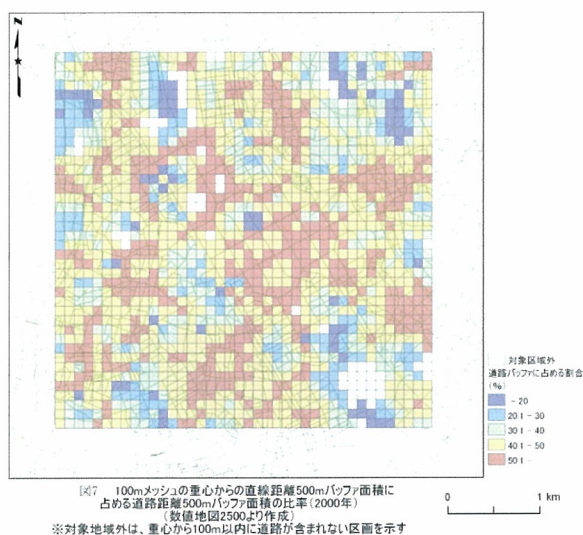


図 7 を見ると、値の高い地域は必ずしも中心部に分布するわけではなく、郊外部にも分散して分布していることが理解できる。これは郊外部に細かな農道が多く存在しているためである。

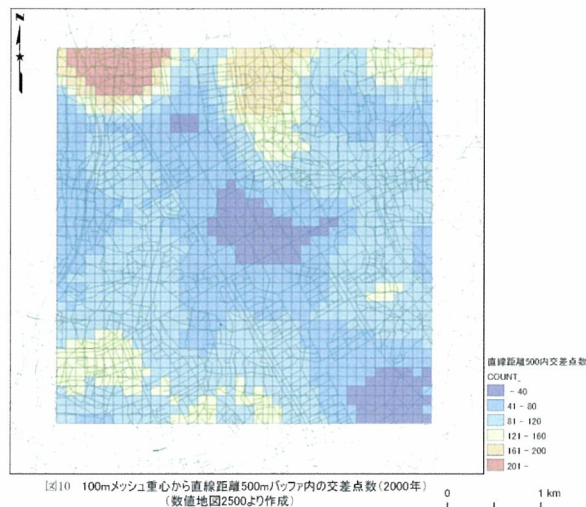
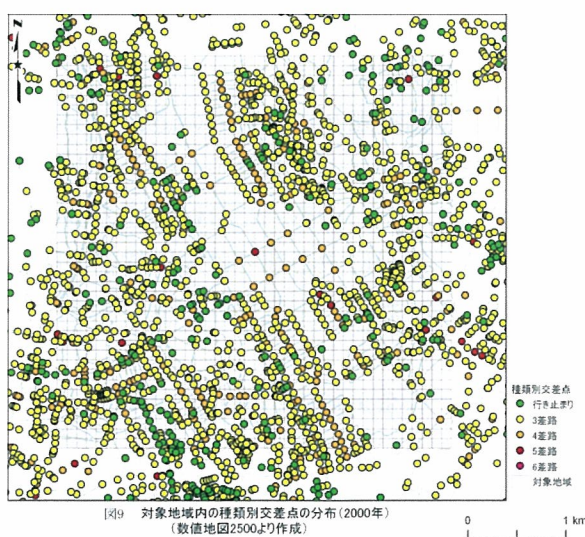
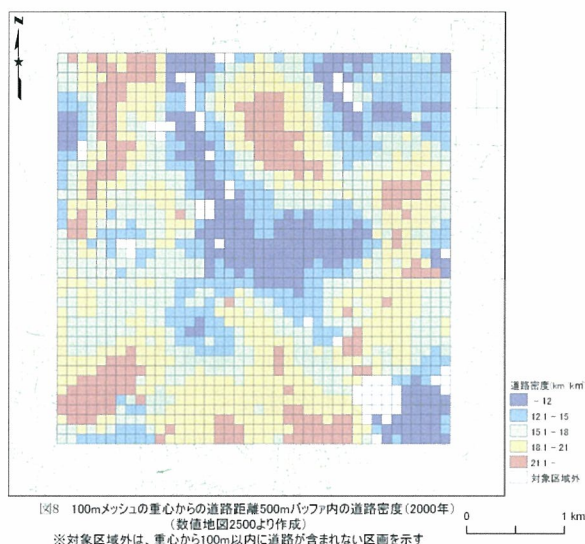
### (1) 道路環境評価

図 8 に道路距離バッファ内の道路密度を示す。これを見ると、道路は中心部よりも郊外部で多いことがわかる。これは農道の多さに起因する。反対に中心部では太い幹線道路しか存在しないため、密度自体は低くなっている。

図 9 は、対象地域内の種類別の交差点の分布を示したものである。ネットワークデータを構築する際に生成される結節点を利用し、その周囲にある道路の数を数えて何叉路かを計算した。これをみると、歩きにくいと考えられる行き止まりが、郊外部に多く見られる。

また3 叉路も郊外部の農道を中心に多い。一方で中心部では4 叉路が多く分布する。4 叉路は比較的良好整備された町に多く見られ、歩きやすさの指標として考えることができる。

図 10 は、直線距離バッファ内の交差点数を示したもので、図 9 をもとに作成した。直線距離バッファの面積はどこも等しいため、この色分け区分はそのまま交差点密度として考えられる。この図から、交差点が北部や南部の一部に多いことがわかる。この地域では戸建て住宅の中にさまざまな土地利用が混在する。



## (2) 周辺施設評価

図 11 は対象地域内の公共公益施設の分布を示したものである。特徴的なのが公園である。一般の市街地では中心部に公園があることは少ないが、つくばではむしろ中心部のほうが多くなっている。これは計画的に都市が作られる中で、意図的に公園を配置したためと考えられる。その他の施設も、一般的に研究学園地区内に多く、郊外ではまったく分布していない地域も見られる。

図 12 は、道路距離バッファ内に含まれる商業施設の数を表している。この分布は中心部に偏っており、周辺に施設がまったく存在しない範囲も多く存在した。このような地域では、徒歩で買い物行動をする機会が少ないと推測される。

土地利用に関する指標の1つとして作成したのが図 13 である。これはゼンリンの建物データをもとに、建物の面積を計算し、道路距離バッファ内に含まれる建物の面積を計算したものである。アクセス可能な範囲の建物面積が広がれば、歩く機会が多いと仮定している。これをみると中心部に建物面積が大きい地区が集中していることがわかる。これは中心部に大型の公共施設や商業施設が集中して分布しているためで、実際に歩く機会が多いと考えられる。



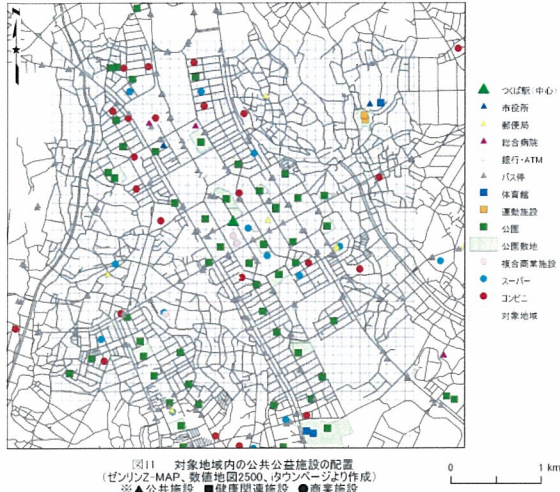


図11 対象地域内の公共施設施設の配置  
(ゼンリンZ-MAP、数値地図2500、タウンページより作成)  
※▲公共施設 ■健康関連施設 ●商業施設

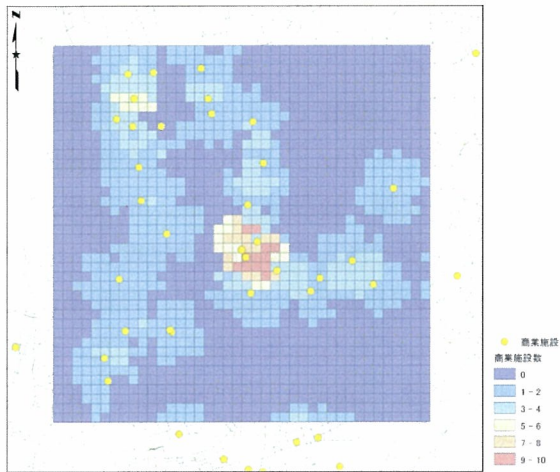


図12 100mメッシュの重心から道路距離で500m以内にある商業施設数  
(ゼンリンZ-MAP、数値地図2500、タウンページより作成)  
※商業施設にはスーパーマーケット、コンビニ、複合商業施設を含む

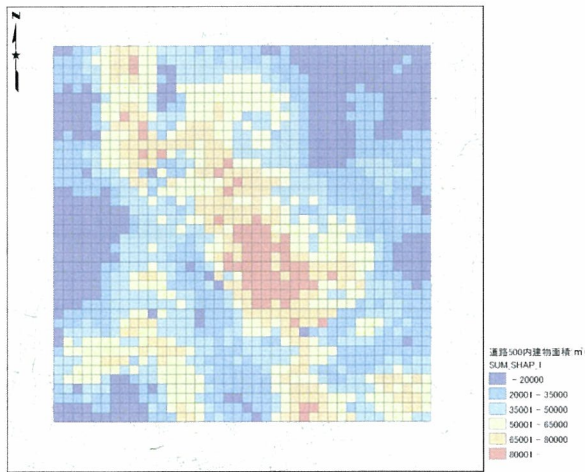


図13 100mメッシュ重心から道路距離500m  
バッファ内に含まれる建物面積(2000年)  
(道路データは数値地図2500、建物データはゼンリンZ-Mapより作成)

### (3) 統計データ評価

ここでは町丁別の 2000 年国勢調査のデータをもとに、面積按分法を利用して、メッシュの周辺の人口や世帯を推測した。本来であ

ればさらに詳細なデータが必要となるが、今回は大まかな傾向を見るのが目的である。

図 14 は道路距離バッファ内の人口を示したものである。人口が集中しているのは中心部よりも北部、南部の一部である。これは住宅団地や、戸建て住宅地の分布と一致している。

図 15 は人口と世帯数を示したものである。傾向としては似ているが、特に北部で集中している。この地区には近くに大学があるため、学生向けのアパートが多く立ち並び、密な住宅街となっている。学生の場合、一人暮らしの割合が高いため、人口と比較して世帯数が特に多くなっていると考えられる。

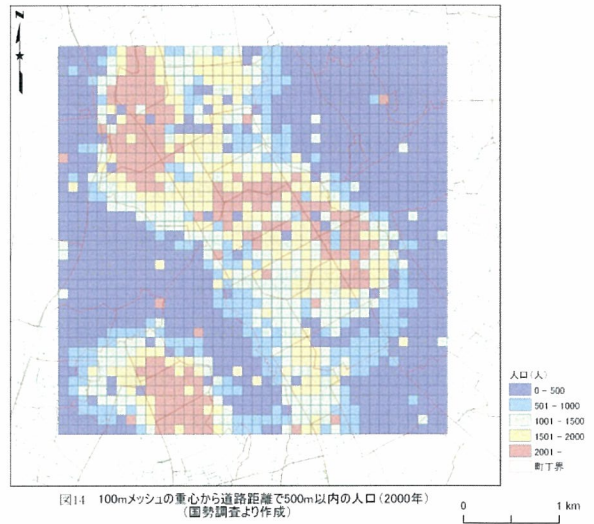


図14 100mメッシュの重心から道路距離で500m以内の人口(2000年)  
(国勢調査より作成)

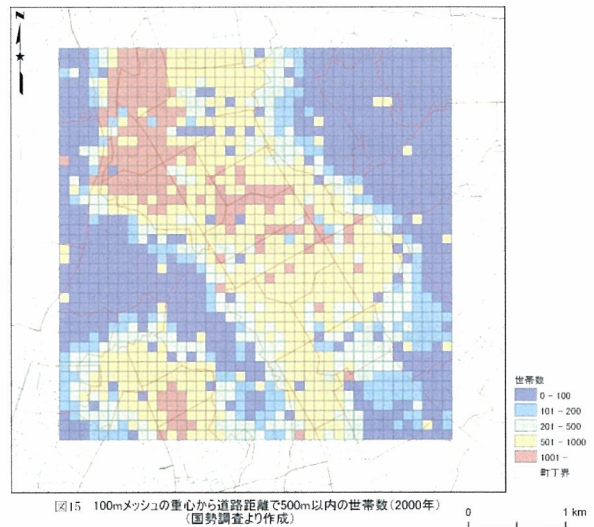


図15 100mメッシュの重心から道路距離で500m以内の世帯数(2000年)  
(国勢調査より作成)

以上、つくば市中心部において、GIS を利用してある地点の、周囲の道路環境や施設の分布、人口・世帯などのさまざまな Walkability に関連すると考えられる指標を提示してきた。道路距離バッファを利用した評価はきわめて有効であると考えられる。また 100m メッシュで評価することで、場所による Walkability の差異を視覚的に表すことができることもメリットである。

しかし課題も少なくない。指標を評価する際に、評価指標・基準の妥当性は検討を要する。今回は徒歩圏を 500m と設定したが、現実の世界では住民の属性も考慮に入れる必要があるし、周囲の環境によっても徒歩圏の範囲は異なってくる。また評価する際に道路距離バッファと直線距離バッファのどちらを利用した方がいいのかも重要な検討事項である。これらの問題に対応するためには、やはり住民の実際の生活行動を調査し、それに見合った指標作りを行う必要がある。

また解決が難しいものにデータの制約がある。例えば混合土地利用を調べる際に利用可能な、細密数値情報のデータは、最新版が 1994 年であつ、範囲が 3 大都市圏に限られている。そのほか道路情報にしても、データが 2000 年のものしかなく、現在と比較するとずいぶん変わっているところも多い。さらに問題なのが徒歩行動は道路に限定されないという点である。実際の公道でなくても、歩ける範囲は数多く存在する。今後は空間データの改良も検討していく必要があるだろう。

### 3 居住者満足度

Walkability 指標を作成する際には、実際の住民の徒歩行動の様子を考慮する必要がある。そこで、本章では、住民の徒歩移動の行為率と、生活関連施設に対する満足度を考慮

し、Walkability 指標を作成する。

生活関連施設に対する徒歩行為率と居住者満足度を把握するために、対象地域内の住民にアンケート調査を実施した。アンケート対象者は対象地域内から無作為抽出により決定し、配布はポストイング方式、回収は郵送方式をとった。なお、アンケートを配布する際には、返信用封筒に番号を記入しておき、返信後にアンケート回答者の居住地を確認できるようにしておいた。また、アンケート票は 1 世帯に 2 部配布し、1500 世帯、合計 3000 部を配布した。回収数は 313 部、回収率は 10.4%であった。

アンケートの調査で、9 つの生活関連施設（スーパーマーケット、デパート、金融機関、医療施設、公園、運動施設、駅、市役所、公民館）を徒歩で移動する際の満足度と、これらの施設への移動手段（自動車、自転車、徒歩）を回答してもらった（表 1）。また、満足度に関しては、「満足」、「やや満足」、「普通」、「やや不満」、「不満」の 5 段階評価形式で評価した。

表1 アンケートの調査項目

調査項目	内容	施設
商業	最寄品	スーパーマーケット
	買回品	デパート
サービス	金融機関	銀行・郵便局
医療	医療施設	総合病院
文化・レジャー	公園	公園
	運動施設	体育館・野球場・テニスコート
交通	駅	駅
公共	行政	市役所
	社会教育	公民館

図 16 は各生活関連施設への移動手段の割合を示したものである。ショッピングモール（35.5%）、公園（61.6%）、駅（49.7%）、公民館（31.1%）といった施設で徒歩移動の割合が高い。中でも公園、駅は徒歩移動行為率がほぼ 50%を超え、高い行為率を示している。このことから、対象地域内の居住者はこれらの施設に対して徒歩で移動する傾向にあると

いえる。

一方、これらの施設の中で、総合病院、市役所は徒歩移動行為率が 10%に満たず、サンプルの少なさ、データの有効性の低さから、この 2つの施設は分析対象外とした。

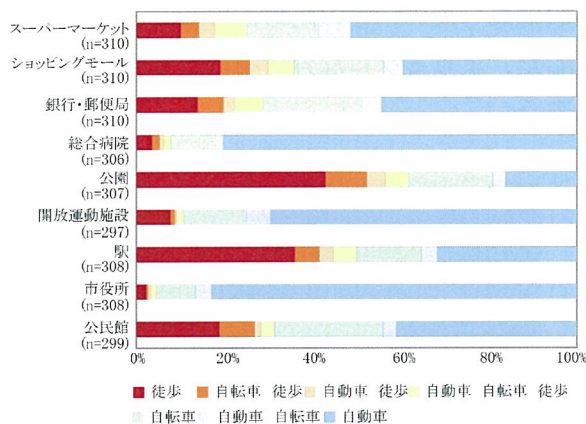


図16 各生活関連施設への移動手段の割合

次に、各生活関連施設に対する居住者満足度を図 17 に示す。ほとんどの施設に対して、満足度が「普通」以上と答えた居住者の割合が 50%を超えており、多くの居住者が大体満足している傾向がみてとれる。しかし、総合病院、開放運動施設、市役所といった施設では、「不満」、「やや不満」の割合が高くなっている。

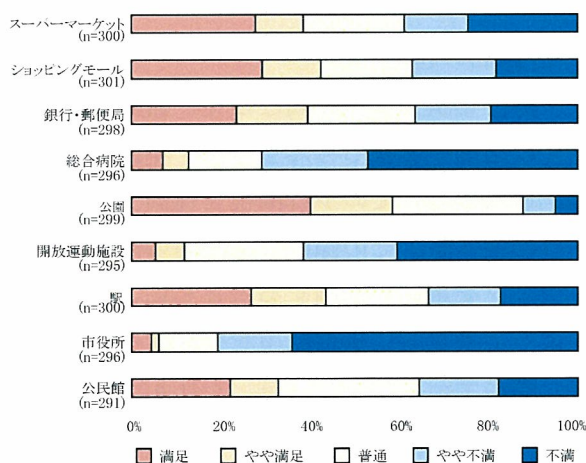


図17 各生活関連施設に対する居住者満足度

この満足度と各最寄施設への移動時間との関係を図 18 に示す。本分析では満足度を定量的に把握するために、便宜的に 5 段階評価の「満足」を 5、「やや満足」を 4、「普通」を 3、

「やや不満」を 2、「不満」を 1 として数値化し計算を行った。なお、平均移動時間とは、最寄施設への移動時間を満足度区間ごとに平均化した時間である。特定の区間にサンプルが集中することは、求められる満足度の回帰直線の精度が低下することを意味するため、この平均移動時間を用いた。

この関係から、平均移動時間と満足度には相関があり、距離減衰効果がみられる。そこで満足度 3（「普通」）の平均移動時間を施設利用の限界時間に設定し、Walkability 指標を作成する。

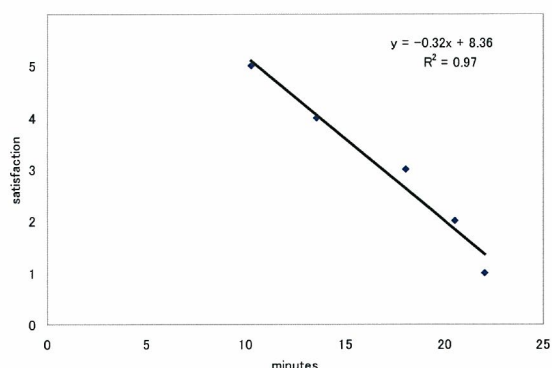


図18 最寄駅への平均移動時間と満足度の関係

各生活関連施設への限界移動時間は表 2 に示すとおりである。施設への満足度が高いほど徒歩での移動が起こりやすいと考えられるため、限界移動時間が長いほど、施設への徒歩移動が起こりやすいといえる。駅への限界移動時間が 18.0 分と長くなっており、これらの施設の中でも特に徒歩移動が起こりやすくなっている。

表2 各生活関連施設への限界移動時間

施設	限界移動時間(分)
スーパー	9.8
デパート	13.9
金融	9.5
公園	6.5
運動	14.1
駅	18.0
公民館	10.2

ここで、Walkability のモデル化を試みるが、まず、生活関連施設を評価する際には、

移動時間指標が重要となる。移動時間によって施設を評価する方法は、地理学において、アクセシビリティ（利便性）研究として研究が蓄積されている。今回は多数のアクセシビリティモデルの中から、累積機会測度を用いてWalkabilityのモデル化を試みる。累積機会測度のモデル式は以下のとおりである。

$$A_i = \sum_{jk \in [t_{ij} \leq D_k]} O_{jk} \quad (\text{式 1})$$

ただし、 $A_i$ は累積機会アクセシビリティモデル、 $O_{jk}$ は施設種類  $k$  の施設  $j$  の数、 $t_{ij}$ は地点  $i$  と施設  $j$  間の移動時間、 $D_k$ は施設種類  $k$  への限界移動時間である。また、 $A_i$ は値が大きいほど利便性が高いことを表す。

利便性が高いほど徒歩行動は起こりやすいと考えられるので、このアクセシビリティモデルに徒歩移動行為率と施設に対する満足度を加味してWalkabilityモデルを構築する。式は以下のとおりである。

$$W_i = \sum_{k=1}^n \alpha_k A_{ik} = \sum_{k=1}^n \sum_{jk \in [t_{ij} \leq D_k]} \alpha_k O_{jk} \quad (\text{式 2})$$

ただし、 $W_i$ は地点  $i$  におけるウォークアビリティ指数、 $\alpha_k$ は施設種類  $k$  を利用する場合のパラメータ（徒歩移動行為率）で、 $W_i$ が大きいほどWalkabilityが良いことを表す。

このモデルは徒歩移動行為率について、アクセシビリティの限界移動時間に着目し居住者満足度を考慮しているので、実際の居住者の行動を反映したモデルであるといえる。

この指標を用いて、対象地域内の100mメッシュ重心のWalkabilityを表示したものが図19である。駅の南東地域でWalkability値が特に高くなっており、南西部、北西部でも値の高まりがみられる。施設の分布とWalkabilityの分布を比較すると、駅への近接、公園の分布密度、デパート・スーパーマーケットの徒歩圏、といった項目が

Walkabilityの主な規定要因になっていると考えられる。

しかし、実際のWalkabilityはさらに複雑であり、施設への移動だけでなく、施設へ移動するルート内の歩行環境なども考慮しなければならない。そのため、移動ルートも考慮した、よりミクロな分析を行う必要があるだろう。

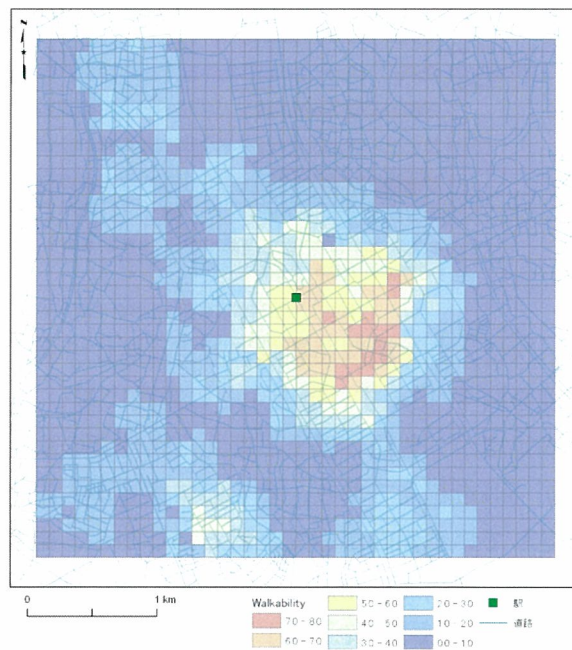


図19 住民意識を考慮したWalkabilityの空間分布

#### 4 路面の起伏

歩行を誘発する要因として、自然条件、とくに地形の影響も考えられる。本節では、ミクロスケールでの歩行環境を標高データにより把握する。その際には、歩道の高低を標高データを用いて描画するとともに、3D表示によって視覚的に歩行環境を把握する。

標高データに関しては、2万5千分の1地形図の10m間隔等高線から作成したデジタル標高データ（DEM: Digital Elevation Model）と、レーザー測量により建物等の構造物を除去した地形の情報を5m間隔でデジタル化したデジタル地形モデル（DTM: Digital Terrain Model）、レーザー測量により建物等を含む全

ての地表面の情報を2.5m 間隔でデジタル化したデジタル地表モデル（DSM：Digital Surface Model）を用いた。

道路の標高を示したものが図20である。つくば駅のある中心部で周囲より隆起していることがうかがえ、標高も周辺の20m と比べると25m となっている。また対象地域内の東側を流れる花室川流域は15m 程度とやや低地となっている。

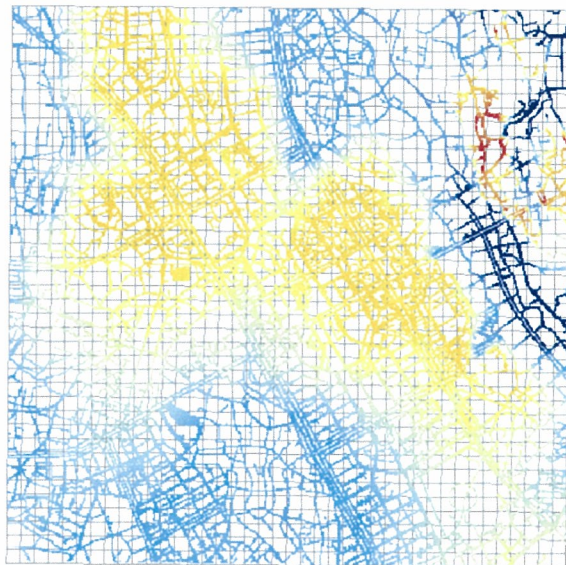


図20 道路の標高 (DEM)

また、対象地域における道路の路面傾斜角は、90%の地域で1%以内であり、8%の地域で1~5%以内となっている（図21）。さらに、対象地域内の98%の地域において路面の傾斜角は5%以内となっている。

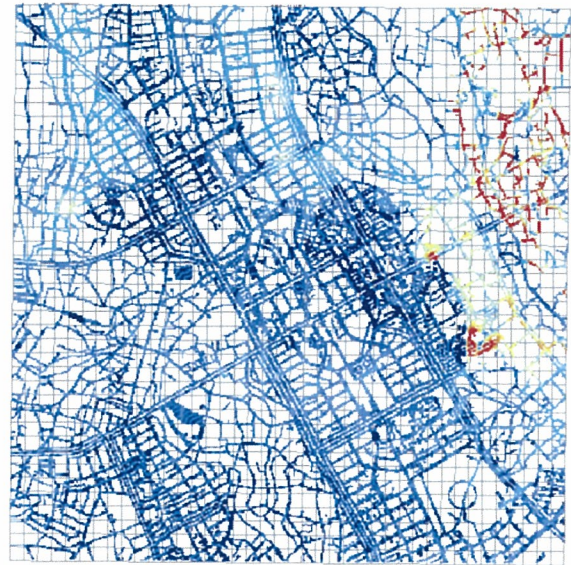
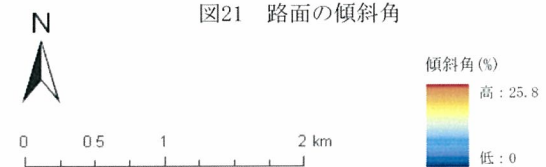


図21 路面の傾斜角



次に、景観の視点を取入れ、よりミクロな視点から歩行環境を把握する。つくば駅周辺の景観は写真1・2のように、中心部に10階建以上の高層建築物が点在し、周辺部では低層建築物が広がっている。中心部では街路樹が多く目立つことも特徴的である。



写真1 対象地域の景観（北西方向）



写真2 対象地域の景観（北東方向）

この景観を ArcView の 3D Analyst 機能を使って 3D 表示したものが図 22・23 である。DEM による 3D 航空写真は建物の高さが平均化され、なめらかな高低を示している。一方 DSM による 3D 航空写真は建物の高さが強調され、実際の建物の形状に近くなっていることがわかる。

以上のことから、標高データを用いることによって、ミクロスケールで視覚的に歩行環境を把握することが可能であった。また、DSM は構造物の高さを含んでいるため、ミクロスケールで歩行環境を捉える場合、最も有効なデータであると考えられる。

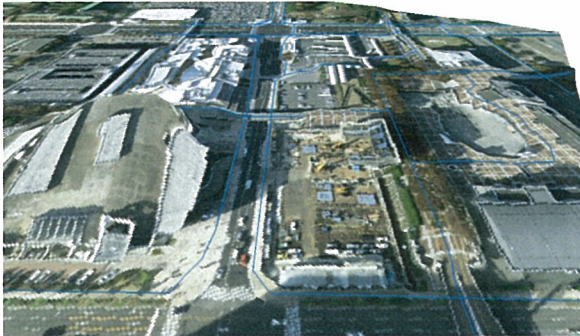


図22 DEMによる3D航空写真

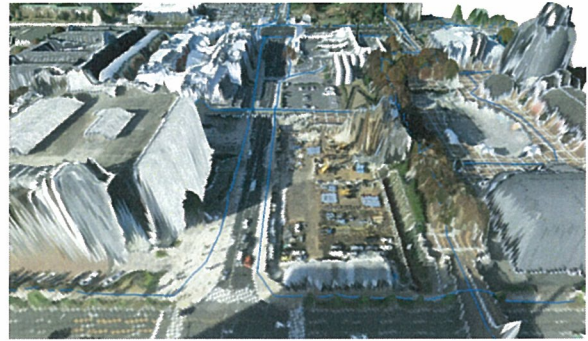


図23 DSMによる3D航空写真

### C. まとめと今後の課題

本研究では、人々が歩きやすい・歩きたいと考えられる周囲の環境を評価することによって操作可能な Walkability 指標を提案した。施設の利用圏に関しては、ネットワークボロノイ分析を用いることで、理想的な施設の利用圏を導出することが可能である。また、住環境の評価により、道路環境や生活関連施設の利用行動を定量的に把握できよう。

本分析では、居住者満足度を考慮することによって、住民の施設利用行動を反映した Walkability 指標を構築した。さらに、標高データを用いることによって、実際の歩行環境を視覚的に捉えた。

本研究で用いた指標はさらに精度を向上させる必要があるが、これらの指標を用いることによって、Walkability を把握できよう。今後はこれらの指標を複合的に取入れた指標を構築するとともに、実際の歩行環境と照らし合せ、検証を行うことが肝要であろう。これらは今後の課題としたい。

### 謝辞

本研究を遂行するにあたって、筑波大学大学院生命環境科学研究科の原野未来将氏、水谷千亜紀氏、Rajesh Bahadur Thapa 氏、浅井崇俊氏、林 幹大氏にご協力いただいた。厚く御礼申し上げる。

## 参考文献

- 浅見泰司編 2001. 『住環境 評価方法と理論』東京大学出版.
- 関根智子 1992. 近接性からみた盛岡市における生活環境の分析. 地理学評論 65A: 441-459.
- 関根智子 1996. GIS を利用した生活環境評システムの構築とその応用. 地理学評論 69A: 1-19.
- 関根智子 1999. 盛岡市における居住地域の生活環境と土地利用との関係—SPOT衛星画像を用いた RS/GIS 分析. 地理学評論 72A: 75-92.
- 田中耕市 2001. 個人属性別にみたアクセシビリティに基づく生活利便性評価—福島県いわき市を事例として—. 地理学評論 74A: 264-286.
- 田中耕市 2004. GIS を援用した近接性研究の動向と課題. 地理学評論 77: 977-996.
- 田中豪一 1997. 土浦市における居住環境評価の空間構造. 季刊地理学 49: 137-150.
- 濱里正史 1999. 空間移動に伴う心理的負荷量と限界距離を考慮した新たな近接性測度の提案. 地理学評論 72: 116-128.
- 原科幸彦 1988. 都市の居住環境を考える—生活質の総合的な向上を求めて. 不動産研究 30(1): 5-14.
- 原科幸彦・東林知隆 1989. 快適環境評価のための客観データ指標の改善—川崎市の環境観察調査を用いて. 環境情報科学 18: 50-57.
- 原科幸彦・中口毅博 1990. 居住環境指標の体系に関する一考察—アクセシビリティを考慮した指標体系の提案—. 環境情報科学 19: 130-139.
- 原科幸彦・中口毅博・田原 論 1991. アクセシビリティ評価の規定要因に関する実証研究. 地域学研究. 22: 37-63.
- 原科幸彦・森下英治・村山武彦・筒井智紀 1992. 都市圏における自然への近接性評価に関する基礎的研究—宇都宮市における直線距離を用いた指標開発の試み—. 地域学研究 22: 37-63.
- 藤目節夫 1997. 近接性を考慮した QOL の評価. 地理学評論 70A: 235-254.
- 宮澤 仁 1998. 東京都中野区における保育所へのアクセス可能性に関する時空間制約の分析. 地理学評論 71A: 859-886.
- Black, J., Conroy, M. 1977. Accessibility measures and the social evaluation of urban structure. Environment and Planning A 9: 1013-1031.
- Gutierrez, J., Monzon, A., Pintero, J. M. 1998. Accessibility, network efficiency, and transport infrastructure planning. Environment and Planning A 30: 1337-1350.
- Guy, C. M. 1983. The assessment of access to local shopping opportunities: a comparison of accessibility measures. Environment and Planning B 10: 219-238.
- Kawabata, M. 2003. Job access and employment among low-skilled autoless workers in US metropolitan areas. Environment and Planning A 35: 1651-1668.
- O'Sullivan, D., Morrison, A., and Shearer, J. 2000. Using desktop GIS for the investigation of accessibility by public transport: An isochrone approach. International Journal of Geographical Information Systems 14: 85-104.
- Pacione, M. 1982. The use of objective and subjective measures of life quality in human geography. Progress in Human Geography 6: 495-514.

厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業）  
分担研究報告書

小地域における生活習慣の地域差と地理的要因の指標化の検討  
～市販の電子地図ソフトを活用した  
小地域における外食頻度と外食店舗の指標化の検討～

分担研究者 吉池 信男 独立法人国立健康・栄養研究所 国際産学連携センター センター長  
光岡 奈緒 独立法人国立健康・栄養研究所 国際産学連携センター

**研究要旨**

本分担研究の目的は、生活習慣の地域差とそれを規定する地理的要因を指標化し、生活習慣に影響を及ぼす環境因子を評価するための手法を検討することである。

本年度は、都道府県、市町村、保健所等、地域において実際に疾病予防や公衆衛生活動を行い、それを評価する役割を担う保健行政担当者が、必ずしも“研究”のためということではなく、“実務作業”として行い得る評価手法について検討を行った。

地理的要因の学術研究に利用される地理情報システム（以下、GIS；Geographical Information System）は、保健行政担当者が実地の作業として幅広く行い得るという点からいくつかの問題点があることがわかった。そのため、GISに代わるものとして普及価格帯の市販電子地図ソフト（56種類）を詳細に検討し、それぞれの特徴を明らかにした。その結果から選定した電子地図ソフト（ゼンリンプロフェッショナル5）を活用し、健康・栄養調査の既存データを用いて、様々な生活習慣の中でも比較的指標化のしやすい「外食習慣」に関して、統計学的に検討を行った。すなわち、モデルとして平成16年11月に行われた三重県健康・栄養調査の既存データを用いて調査の“単位区”である小地域毎に、主要な生活習慣指標（食生活、運動、飲酒、喫煙など）のデータベースを作成した。その小地域に対応して、電子地図ソフトから、ある範囲の地域に存在する外食店舗の数に関するデータベースを作成した。これらの2つのデータベースのリンクを行い、相互の関連について統計学的な解析を行った。その結果、小地域に存在する外食店舗の数と、当該する地域に居住する調査対象者における外食頻度との間には、有意な相関が認められた。さらに、他の行政資料として国勢調査等のデータを用いた追加的な検討を行い、今回指標化した外食店舗の数に関して外的妥当性を確認した。

今回は、比較的単純な指標として、外食店舗の数をとりあげて検討を行ったが、さらに検討する指標を広げるとともに、本研究により行った具体的な作業に関して、自治体や保健所等の実務担当者が自分の地域のデータに適用することができるように、マニュアル化に向けた検討・整理を行う予定である。

**A. 研究目的**

健康づくりを支援する環境をより良く評価

する方法を開発するために、本分担研究では、  
生活習慣の地域差とそれを規定する地理的要



因を指標化し、生活習慣に影響を及ぼす環境因子に関する評価手法を検討することとした。本年度は、特に、都道府県、市町村、保健所等で、保健行政を担当する実務者が、自分の地域のデータを当てはめて解析・検討ができるということを前提として、普及価格帯の市販電子地図ソフトを活用した評価方法を検討した。

## B. 方法

### 1 地理的要因を指標化するための電子ツールの検討

主として学術的調査において、専門家が使用する地理情報システム（以下、GIS；Geographical Information System）と、幅広い活用が期待できると思われる普及価格帯の市販電子地図ソフトについて、それぞれの特徴（メリット、デメリット）を比較検討して、今回の目的に適したツールの選定を行った。

その際の条件は、以下に挙げるものとした。

- ① 価格：安価である。
- ② 操作方法：簡単である。
- ③ 機能：47都道府県を網羅した施設検索ができ、且つ中心地とする住所から範囲を区切り施設個数と位置を業種別に検索を行うことが可能である。
- ④ 掲載地理情報内容：47都道府県を網羅している。

先行研究の論文や関連の総説、インターネット（Google 検索）等により、できるだけ網羅的に、行政、研究所、学校機関、民間ソフト会社のGISソフト（計29種類）と市販の電子地図ソフト（計56種類）を抽出した（ステップ1）。そのうち、上記①～④の条件を満たすソフトは、5種（GIS 2種、電子地図ソフト 3種）であった（ステップ2）。これらについて、開発・販売会社への問い合わせと、ネット上に公開されているデモンストレーション用プログラム等を実際に操作することにより、最終的

に、電子地図ソフト1種類を選定した（ステップ3）。

### 2 市販の電子地図ソフトを活用したモデルデータの分析 ～外食習慣に関する指標の検討

健康に影響を及ぼす様々な生活習慣因子のうち、今回は「外食習慣」を取りあげて、モデル的な検討を行った。様々な生活習慣の中でも、外食習慣は比較的指標化のしやすいものと考えられたからである。

国民健康・栄養調査等の全国データの活用を考慮に入れて、今回の検討では、モデルとして平成16年11月に行われた三重県健康・栄養調査の既存データ（栄養摂取状況調査、食物摂取状況調査、生活習慣調査）を用いることとした。データの活用にあたっては、三重県健康福祉部より、研究へのデータ使用の許可を得るとともに、個人を同定できないデータのみを扱い、データの管理・保護には十分な配慮を行った。

調査の“単位区”である小地域毎に、主要な生活習慣指標（食生活、運動、飲酒、喫煙など）のデータベースを作成した。

さらに、個人情報保護の観点から県民健康・栄養調査の対象者の住所の特定はできないことから、調査の対象地区を所轄する9保健所の管轄地域を単位とした場合（定義1）と、調査が行われた28単位区毎の町村名等からわかる中心地点から、半径300m（定義2-①）、半径500m（定義2-②）、半径1000m（定義2-③）を範囲とした、「小地域」を設定した。その小地域に対応して、電子地図ソフト（ゼンリンプロフェッショナル5）を用いて、それぞれの小地域に存在する外食店舗の数に関するデータベースを作成した。

これらの2つのデータベースのリンケージを行い、相互の関連について検討を行った。

すなわち、外食習慣に関する調査を独立変数に、外食店舗数を従属変数に、各地域における調査対象者の性・年齢を調整した上で、両側検定(有意差: $p < 0.05$ )による相関分析と回帰分析を行った。

### 3 行政データとのリンケージによる外食店舗数の指標に関する外的妥当性の検討

他の行政調査で外食店舗の数を集計している資料を収集し、2において市販の地図ソフトから指標化した外食店舗の数との関係と比較検討した。また、国勢調査から外食習慣に関連する指標について検討を行った。さらに、補助解析として国勢調査の調査項目と外食店舗数と外食頻度のリンケージを行い、両者の相関を検討した。さらに、その結果を基に主成分分析を行った。これらの独立した複数の行政資料との比較を行うことにより、2において検討を加えた指標に関して、外的妥当性の確認を行った。

以上の統計解析には、統計パッケージソフトウェアSPSS ver13Jを用いた。

## C. 研究結果

### 1 地理的要因を指標化する為の電子ツールの検討

ステップ2の条件を満たした5種類のソフトについて、詳細に情報収集、検討を行った(表1)。

GISは“空間認識”に関しては優れた機能を持つが、施設名や個数を業種ごとに特定する機能は、デフォルト機能としては付いていない(すなわち、高額なオプションとして別途購入しなくてはならない)。また、操作に高度な専門性が必要であること。高価であることが特徴であった。

GISの中では、学校機関、研究機関、行政の無償提供型と民間GISソフト開発会社で、それぞれの特徴があった。すなわち、学

校及び研究機関、行政が無償で提供するGISは、業種別に民間施設の場所と個数を検索することができず、全国を掲載するソフトが無く、また県や市ごとの地理情報に区分されていた。一方、民間GISソフト開発会社が提供するGISは、電話でのヒアリング(2006.9)によると、業種別施設の個数及び場所の検索機能はオプションとなり、全国版で40万円代からの価格設定となっている。また全県分を網羅したGISソフトは、容量が極めて大きいことから、汎用のパソコンレベルで、一つのハードディスクに格納することは困難である。

市販の電子地図ソフトについては、方法で記載した①～④の条件を満たすものは、下記の3種類であった。

- (1) ゼンリンプロフェッショナル5
- (2) 昭文社マップルデジタル地図データ
- (3) アルプス社プロアトラスSV2

これらの3点について、網羅する地域、機能の特徴、掲載施設の元となっているデータソース、施設の検索方法、価格等をさらに詳細に検討した結果を表1にまとめた。

一般的に、市販の電子地図ソフトには、“空間認識機能”は備わっていないが、施設名や個数など業種ごとに特定する機能はデフォルトの機能として、市販されているソフトに含まれている。操作性については、インターネット上で汎用される検索サイトでの地図情報の検索方法と同様の手法で、業種別に中心地からの施設名と個数、距離の検索が可能である。すなわち、安価であり、一般に操作が直感的で簡便であることから、今回の目的には、市販の電子地図ソフトが適していると考えられた。

3種類の市販の電子地図ソフトの間では、今回の目的への適合性に関して大きな差はないと考えられた。ただし、掲載施設の元となったデータソースの信頼性という点で、N

TTタウンページを採用しており、今回モデル的にデータリンクージュを行う三重県の調査が平成16年度に行われたものであり、その年に最も近い地理情報を格納していることから、本研究の検討には、ゼンリンプロフェッショナル5を用いることとした。尚、ゼンリンプロフェッショナルシリーズは年に1度更新版が発売されており、現在はプロフェッショナル8（2006年10月発売）が発売されている。

また、GIS、電子地図ソフトが共通して有する問題としては、販売業者への注文の時点で、最新の地図情報しか入手ができないということである。すなわち、遡って、過去の地図データあるいはソフトを購入することは出来なかった。この点について、時系列的にある指標の地理的分布の変化等を追っていかうとする場合には、定期的に最新データが収載されている市販ソフトを、繰り返し購入することが必要となる。

## 2 市販の電子地図ソフトを活用したモデルデータの分析 ～外食習慣に関する指標の検討

県民健康・栄養調査の生活習慣調査における外食頻度として、「週2回以上外食をする」と答えた人が多い地域は、保健所の調査地区単位（定義1）、及び保健所単位の半径500m（定義2-①）、半径1,000m（定義2-②）に、おいて外食店舗が多かった（表2）。

## 3 行政データとのリンクージュによる外食店舗数の指標に関する外的妥当性の検討

ゼンリンプロフェッショナル5を用いて、系統的にカウントした外食店舗の数について、国勢調査の事業所・企業別保健所別調査資料に基づき、両者を比較検討した結果は、両者には大きな差異は認められなかった。このことから、

ゼンリンプロフェッショナル5をデータソースとした外食店舗数の指標化は、妥当であったと考えられた。

国勢調査から得られた外食店舗数と各保健所管内における対象者の外食頻度との相関を見た結果では、「週2回以上外食する」と答えた人が多い保健所地区において、総人口（ $p=0.007$ ）、人口密度（ $p=0.03$ ）、高齢夫婦世帯（ $p=0.034$ ）労働総数（ $P=0.008$ ）が、有意に正相関していた（表3）。また、その結果を基に、上記項目で主成分分析を行った結果（グラフ5）は次の通りである。

- ① 四日市市は“社会的尺度”が高いが外食頻度が少ない傾向にある。
- ② 桑名市・津市は外食頻度が高いが、“社会的尺度”は低い傾向にある。
- ③ 鈴鹿市・伊勢市は外食頻度も、“社会的尺度”も中間的である。
- ④ 松坂市、伊賀市、熊野市、尾鷲市は外食頻度も“社会的尺度”も低い傾向にある以上、保健所地区の外食習慣と社会的尺度から地区を4つのグループ分けすることが出来ると考えられ、地域差を考察する上での参考となるものと思われた。

## D. 考察と結論

### 1 地理的要因を指標化するための電子ツールについて

今後、全国的な生活習慣の地域差と地理的要因を評価するためのツールとして、自治体や保健所等の保健担当者が活用可能であるという点からは、市販の地図ソフトが有用と考えられた。なお、今回使用したゼンリンプロフェッショナル5については、一つの施設（外食店舗）でNTTの電話登録が複数されている場合が少なくないために、集計の際に目視による確認を行う必要があった。

なお、電子地図ソフトに掲載されている施

設検索が可能なその他のデータとしては、例えば「NTTタウンページ」では、運動・スポーツ施設、居酒屋、コンビニエンスストア、スーパーマーケット、喫茶店、洋菓子店、和菓子店、米屋、もち屋、持ち帰り弁当屋等がある。

また、市販の電子地図ソフトは、業務目的のみならず幅広く日常的な生活の中で使用され、需要が拡大する中で、価格、技術面での競争が著しくなっている。今回の目的に合致した、より良い仕様のものが開発され、安価に利用可能となるよう、ソフトの開発・販売会社に対するニーズの投げかけ等についても、今後検討してみたい。

## 2 地図ソフトを活用したモデルデータの分析

本研究で例に挙げた三重県では、当該地区に居住する成人の外食頻度と、保健所調査地区及び、保健所単位の半径 500m、半径 1000m、保健所範囲内において、それぞれ算出した外食店舗の数との間に有意の相関が観察された。このことから、地域住民における食習慣に影響を及ぼす食環境因子の一つとして、電子地図情報から得られる外食店舗の数を指標化することは、意味があることと考えられた。

三重県における外食店舗数の集計の条件(定義 1、定義 2-①~③)については、すべての条件設定において、当該地域の調査対象者における外食の頻度と、外食店舗の数との間に有意の相関が観察された。従って、実際の作業上、最も手間がかからず、また国際調査等の行政資料とのデータリンケージ等をも考慮して、保健所毎に半径 500m の範囲を、最小の「小地域」と考えることができよう。

しかし、今後、全国規模の同様の解析や、県境を越えた地域における地域差を表すための、「小地域」としては、有意確率が  $p=0.07$  と安定しており、各小地域における店舗の絶対数があ

る程度以上の数となる保健所範囲の半径 1000m を用いることも考慮すべきである。

また、国民健康・栄養調査方式に基づく、外食の頻度に関するデータと、国勢調査の総人口、人口密度、高齢夫婦世帯、労働総数を項目とした主成分分析の結果からは、外食習慣はこれらの社会地理学的因子との関連があり、健康との関わりで生活習慣に対する積極的な介入を検討する際には、そのような地域差を考慮する上で参考になると思われる。

今回のモデルデータとしては、三重県のデータのみを用いており、その外的妥当性、一般性については、他の県のデータにおける追試や、可能であれば国民健康・栄養調査等の全国データを用いた検討を行うことが望まれる。

また、今回は比較的単純な指標として、外食店舗の数をとりあげて検討を行ったが、さらに検討する指標を広げる(附表)とともに、本研究により行った具体的な作業に関して、自治体や保健所等の実務者が自分の地域のデータに適用できるように、マニュアル化に向けた検討・整理を行う予定である。

## 参考文献

- (1) 目標設定型健康増進政策の国際比較-発展経過と現状- 本橋豊、金子善博 日衛誌、57,498-504(2002)
- (2) Case study of Songjiang District, Shanghai Pilot study of using GIS to visualize health status distribution. Fu Hua, Umezaki Masahiro : Journal of medical and dental sciences 54(4), 179-185 2004.12
- (3) Association between residents' perception of the neighborhood's environments and walking time in objectively different regions. Jung Su Lee, Kiyoshi Kawakubo, Sachiko Kohri, Hiromi Tsujll, Katsumi Mori, Akira Akabayashi Environmental Health and