余命換算型の生活環境質指標を用いた居住地評価モデルの構築*

Quality Adjusted Life Year Index:
A Model for the Evaluation of Accessibility, Amenity and Hazard in Residential Areas[*1]

加知範康[*2]・大島茂[*3]・岑貴志[*4]・加藤博和[*5]・林良嗣[*6]
By Noriyasu Kachi[*2], Shigeru Oshima[*3], Takashi Mine[*4], Hirokazu Kato[*5] and Yoshitsugu Hayashi[*6]

1. はじめに

日本の都市では，高度成長期以降，モータリゼーション進展や人口増加を背景に，市街地拡大が急速に進んだ．拡大した地域は一般に，公共交通利便性が低く，災害危険性も高いことが多い．同時に，自動車依存型のライフスタイルによる地球環境への負荷や，市街地拡大を支えるためのインフラ維持管理コストの増大を招くことが考えられる．このような市街地の存在は，長期的には生活環境質の悪化と負担の増加をもたらし，結果として住民や企業の流出や，それに伴う税収の減少が自治体財政を圧迫する．今後の人口減少・経済成熟下においては，都市域の需要が減少するとともに，居住地選択の要因として生活環境質が重視される時代となることが予想され，都市の持続可能な発展を考える上でもこの点を考慮する必要がある．

そこで本研究では，市民の生活環境質の向上を究極の目的とした都市空間再構築の検討を可能とするために，各居住地の属性から生活環境質を定量評価するモデルを構築することを目的とする．そして，この生活環境質を医学分野で QOL(Quality Of Life)評価に利用されている余命指標 QALY(Quality Adjusted Life Year)[1),2)]の値で評価する．さらにケーススタディ都市への適用を試みる．

2. 余命指標を用いた生活環境質評価の提案

(1)各地区への居住における生活環境質の評価手法

表－１　LPs 階層構造と属性・水準

		評価要素	水準1	水準2
LPs	AC	就業利便性	通勤距離1km	通勤距離5km
		教育・文化利便性	通学距離1km	通学距離5km
		健康・医療利便性	病院まで1km	病院まで5km
		買物・サービス利便性	ｽｰﾊﾟｰﾏｰｹｯﾄまで1km	ｽｰﾊﾟｰﾏｰｹｯﾄまで5km
	AM	居住空間使用性	誘導居住水準住宅	最低居住水準住宅
		建物景観調和性	よい	わるい
		周辺自然環境性	自然が多い	自然が少ない
		局地環境負荷性	55dB	70dB
	H	地震危険性	被害なし	50%の建物が全半壊
		洪水危険性	被害なし	床上浸水
		犯罪危険性	0(件/年)	5(件/年)
		交通事故危険性	0(件/年)	5(件/年)

生活環境質に関して，杉山ら[3)]は 5 つの評価軸を用いた QOL 評価指標を提案している．これをもとに本研究では，生活環境質を，1)居住地とその他地区との移動抵抗と都市主要施設の立地分布から決まる居住地のアクセシビリティ(AC)，2)景観・居住快適性・周辺自然環境・局地環境負荷からなる居住地のアメニティ(AM)，3)地震・洪水・犯罪・交通事故危険性からなる居住地のハザード(H)，という土地自身のもつ 3 要素と，これら 3 要素を需要する居住者が持っている価値観との組み合わせで決定されるものと考える．

各地区の QOL を規定する環境の物理量を評価するためには，社会資本や公共・民間施設の充実度，眺望や景観の良好度，災害からの安全性といった“生活環境質向上のための機会”が，どの程度供給され，それらが QOL の構成要素であるアクセシビリティ，アメニティ，ハザード，にどの程度貢献するかを定量的に把握する必要がある．これを本研究では“生きがいを得られる機会(Life Prospects：LPs)”と呼ぶこととする．LPs を説明する要素の階層構造を**表－１**に示す．そして，この LPs に「居住者の価値観を表す重み」を乗じたものを“生きがい”と定義し，式(1)のように定式化する．この“生きがい”を評価することが生活環境質(QOL)を評価することと同義であると考える．

*1　キーワード：都市計画，土地利用，人口分布，GIS
*2　学生会員，修(環境)，名古屋大学大学院 環境学研究科 都市環境学専攻
*3　非会員，　修(環境)，三井不動産ビルマネジメント株式会社
*4　学生会員，学(工)，　名古屋大学大学院 環境学研究科 都市環境学専攻
*5　正会員　，博(工)，　名古屋大学大学院 環境学研究科 都市環境学専攻
*6　フェロー，工博，　　名古屋大学大学院 環境学研究科 都市環境学専攻
(〒464-8603　名古屋市千種区不老町，TEL.052-789-3828，FAX.052-789-3837)

$$QOL(p,l)=\left\langle LPs(l),W(p)\right\rangle=\left\langle \begin{bmatrix} AC(l) \\ AM(l) \\ H(l) \end{bmatrix},\begin{bmatrix} w_{AC}(p) \\ w_{AM}(p) \\ w_{H}(p) \end{bmatrix}\right\rangle \quad (1)$$

QOL(p,l)：個人 ***p*** の地区 ***l*** における“生きがい”
LPs(l)：地区 ***l*** における“生きがいを得られる機会”
W(p)：個人 ***p*** の価値観
AC：アクセシビリティ　***AM***：アメニティ　***H***：ハザード

(2)個人の価値観の定量化

個人の価値観を表す重み *W* はコンジョイント分析によって定量化する．アンケート調査票作成にあたっては，**表－1**に示すように，LPs 各要素に対してそれぞれに 2 つの水準を設定し，直交配列表を用いて属性毎に水準の異なる 10 のプロファイルを作成する．

アンケート調査により，居住希望の高さを基準としたプロファイルの順位関係を得ることができれば，式(2)，(3)に示すランクロジットモデルのパラメータを最尤法を用いて推定することにより，属性間の重み，すなわち個人の *W* の推計が可能となる．

$$P_p(1,2,...,J\,|W)=\prod_{j=1}^{J-1}\frac{\exp(W\mathbf{x}_{jp})}{\sum_{i=j}^{J}\exp(W\mathbf{x}_{ip})} \quad (2)$$

$$U_{jp}=W\mathbf{x}_{jp}+\varepsilon_{jp} \quad (3)$$

$P_p(1,2,\ldots,J|W)$：選好全順序データが得られる確率
U_{ip}：個人 ***p*** の選択肢 ***j*** に対する好ましさ $(j=1,2,\ldots,J)$
J：プロファイル数

(3)余命算出モデルによる“生きがい”の評価

W によって複数要素が統合された QOL 評価尺度として，本研究では「Quality Adjusted Life Year (QALY)」を用いる．QALY とは，健康状態に基づく生活の質により調整される生存年数のことで，医療分野で資源の最適配分のために開発された．この QALY を本研究では「生きがい(QOL)によって調整された余命」と再定義し，式(4)に示すように定式化する．

$$QALY(p)=\int_{a}^{a+T}W_{QOL}(p;t)Ct\exp(-\beta t)\times\exp\left\{-r\left(t-a\right)\right\}dt \quad (4)$$

QALY(p)：個人 ***p*** の QALY　***a***：調査開始年　***T***：期待余命
$W_{QOL}(p;t)$：***t*** 年での個人 ***p*** の生きがいによる重み
$Ctexp(-\beta t)$：年齢間の重み　$exp\{-r(t-a)\}$：時間割引率

式(4)は QALY を，生きがいを表す重みを期待余命に関して積分した値として定義するものである．しかし，式(2)で推計される重み *W* を QALY の値に直接変換することが困難である．そこで，式(2)の *W* と式(5)により求められる地震による損失余命(Lost of Life Expectancy：LLE)を用いて，各要素 1 単位における損失余命換算値を算出することにより，式(6)に示すように個人の獲得余命(Gain of Life Expectancy：GLE)を算出する．

$$LLE_1=\sum_{e=1}^{E}\left\{ND_e\times P_e\left(T,1\right)\right\} \quad (5)$$

LLE_1：地震による損失余命　ND_e：地震 ***e*** による死亡者数
$P_e(T,1)$：最新の地震発生から地震が発生せずに ***T*** 年経過した時点で，その後の **1** 年間に地震が発生する確率

$$\begin{aligned} GLE(p,l)=&-\frac{w_{AC}\left(p\right)}{w_H\left(p\right)}\sum_{k=1}^{4}w_{AC_k}\left(p\right)AC_k\left(l\right)\\ &-\frac{w_{AM}\left(p\right)}{w_H\left(p\right)}\sum_{k=1}^{4}w_{AM_k}\left(p\right)AM_k\left(l\right)\\ &-LLE_1\\ &+\left\{\sum_{k=2}^{4}\left(-\frac{w_{H_k}\left(p\right)}{w_{H_1}\left(p\right)}H_k\left(l\right)\right)\right\}\end{aligned} \quad (6)$$

GLE(p,l)：個人 ***p*** の地区 ***l*** における獲得余命　***w***：重み
k：***k*** 番目の要素　LLE_1：地震による損失余命

次に式(7)に示すように，期待余命に GLE(“生きがい増加[減少]により得られる[失う]余命”)を加える[減じる]ことにより QALY を算出する．

$$QALY(p,l)=LE(p)+GLE(p,l) \quad (7)$$

QALY(p,l)：個人 ***p*** の地区 ***l*** における QALY
LE(p)：個人 ***p*** の期待余命

3. ケーススタディ

本研究では，分析対象地域として長野県飯田市を取り上げる．飯田市は長野県の南部に位置し，人口約 11 万人，面積約 325km^2 の地方都市である．市全域を 4 次メッシュ(約 500m×500m)に分割し，各メッシュにおける居住者の QALY 値を算出する．

(1)LPs 要素の評価指標

本研究で用いた LPs 要素の評価指標を**表－２**に示す.

(2)居住者の価値観の推定結果

居住者の価値観を表す重みを推定するために，アンケート調査を実施し，コンジョイント分析により各要素のパラメータ推定を行った．アンケート調査の概要を**表－３**に，推定結果から得られた LPs 評価要素間の相対重要度を**図－１**に示す.

相対重要度は，全年代を通して AC と AM に比べて H が大きくなっている．AC と AM については，女性より男性が大きく，H については，男性より女性が大きい．また，男女に共通して，年齢が高くなるにつれて AC と AM の重要度が大きくなり，H の重要度が小さくなる．つまり，全般的には生活環境質にマイナスに作用する要素を重視しているが，期待余命が小さくなる(つまり年代が上がる)につれて生活環境質にプラスに作用する要素を重視するようになる.

(3)地区への居住から得られる“生きがい”の算出

式(5)，(6)を用いて，地区への居住から得られる QALY を算出したが，総期待余命 LE と算出した総獲得余命 GLE の比が（1：0.004）となり，住民が居住地から得ている“生きがい” は期待余命 LE に対してごく小さい値となった．そこで，以後は獲得余命 GLE を用いて分析を進める.

a)獲得余命と土地利用現況

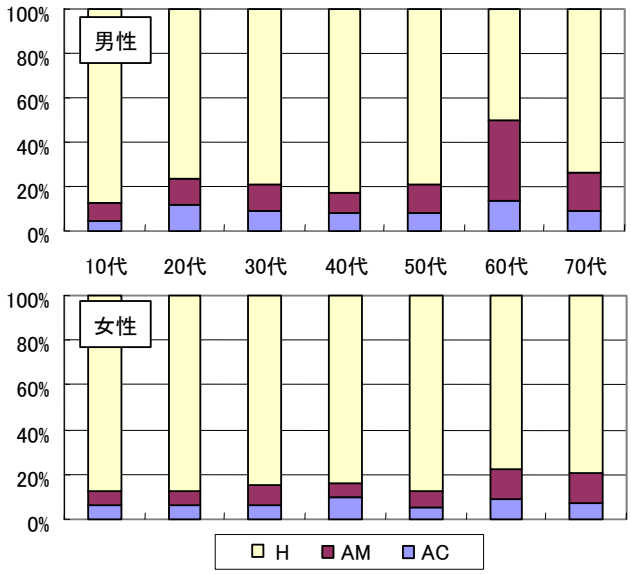
図－２に算出した 1 人当たり獲得余命の分布を示す．値の大きい 3 地区に着目すると，①地区は 1984 年に飯田市と合併した地区であり，近隣地区とともに集落を形成している住宅地である．近年，区画整理が進み，街並みが非常に整然としている．②地区は周辺に図書館・民俗資料館・高校・病院などが集中して立地し社会資本が充実している旧官庁街である．また，郊外部の③地区は，以前は駅前の商店街を中心に栄えていたが，やや離れた地区に国道が建設され，多数のロードサイドショップが立地したことにより，近年は商店街が衰退している．これら 3 地区はともに旧集落の中心地であるという共通点を有し，生活環境質の向上を目指した土地利

表－２　LPs 評価要素とその評価指標

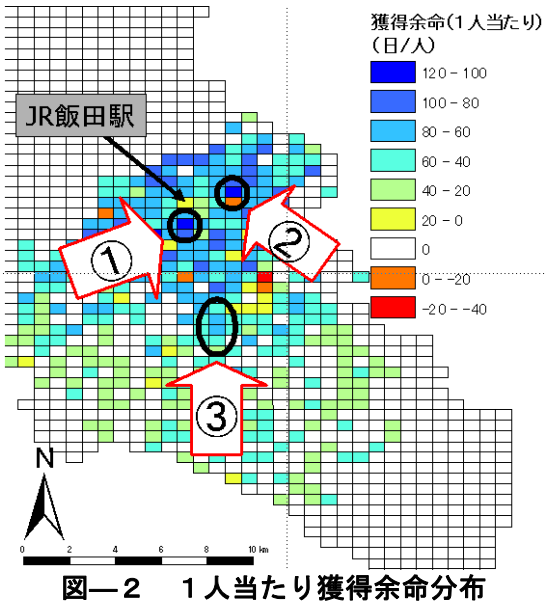
	評価要素	評価指標
AC	就業利便性	企業へのアクセシビリティ （魅力度：従業者数）
	教育・文化利便性	高校，美術館・博物館，図書館へのアクセシビリティ （魅力度：生徒定員，延床面積，蔵書数）
	健康・医療利便性	病院へのアクセシビリティ （魅力度：病床数）
	買物・サービス利便性	大規模小売店舗へのアクセシビリティ （魅力度：延床面積）
AM	居住空間使用性	1人当たり住居床面積
	建物景観調和性	建物高さのバラツキと空地面積
	周辺自然環境性	緑地面積
	局地環境負荷性	交通騒音レベル
H	地震危険性	伊那谷断層地震による損失余命
	洪水危険性	天竜川氾濫時に想定される浸水深
	犯罪危険性	年間街頭・侵入犯罪件数 （詳細データ未入手ため考慮せず）
	交通事故危険性	年間人身事故発生件数

表－３　アンケート調査の概要

アンケート項目	複数代替案の望ましさ（順位付け）
	個人属性
調　査　期　間	2004年12月
調　査　対　象	長野県飯田市役所職員および家族 （10代から70代の男女）
配布・回収方法	市役所内郵便を利用した配布・回収
配　布　数	500
回　収　数	258



図－１　LPs 評価要素の相対重要度



図―２　１人当たり獲得余命分布

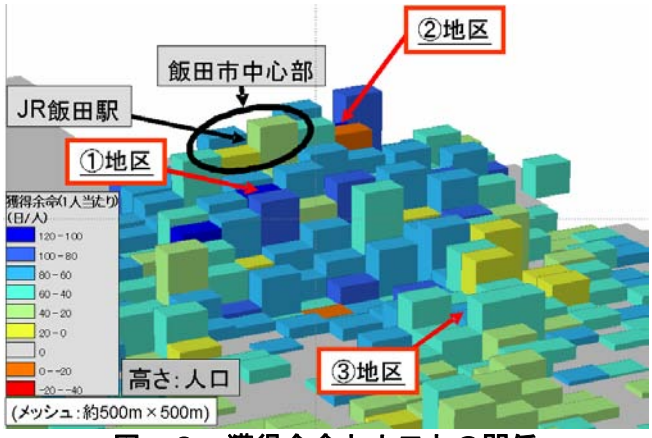
用を考えていく上で，もともとあった集落の中心地を核としていくことの有効性が示唆される．

b)獲得余命と人口分布・地価・用途地域との関係

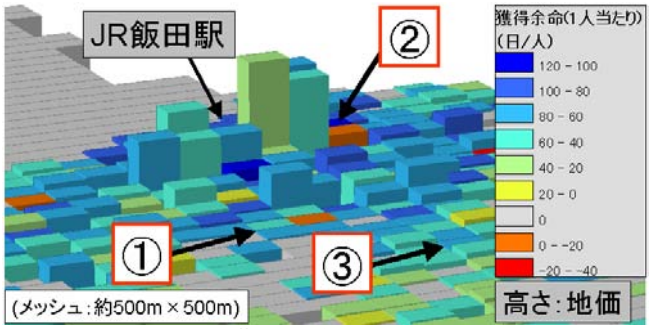
都市部とその周辺について，獲得余命と人口分布との関係をみるために，獲得余命を濃淡で，人口を高さとして表示したものを**図－3**に示す．**図－2**で示した①から③地区は大きな GLE を得られる地区であるにも関わらず，人口はこれに比例するように分布しておらず，特に郊外部の③地区でその傾向は顕著である．このように対象都市内の複数地区において GLE が高い地区と人口の多い地区との不一致が生じている．

次に，獲得余命と地価との関係を**図－4**に示す．人口分布との関係と同様に，GLE が高い地区と地価との関係も必ずしも一致しているわけではないことが分かる．

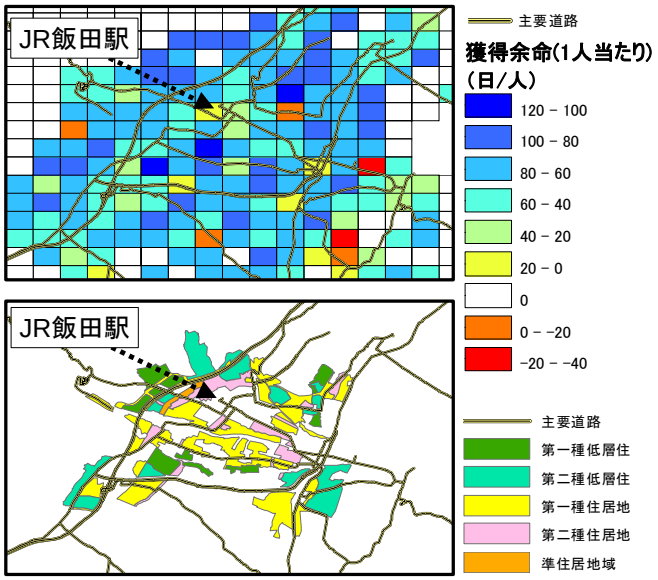
最後に，獲得余命分布と住居系用途地域分布を**図－5**に示す．LPs 評価要素に用途地域が入っていないにもかかわらず，住居系の用途地域指定を受けている地域では，獲得余命のプラス値が大きく，反対に商業地域に指定されている飯田駅前地区では獲得余命の値は小さい傾向が見てとれる．このことから，用途地域指定が各地区における QOL の大小に影響を与えている可能性があることがわかる．



図―3　獲得余命と人口との関係



図―4　獲得余命と地価との関係



図―5　獲得余命と住居系用途地域との関係

4. おわりに

本研究では，居住地の生活環境質を医学分野でQOL評価に利用されている余命指標QALYの値で評価するモデルを構築し，実際の都市に適用した結果，生活環境質の大きな地区と実際の居住地立地状況との間にミスマッチが生じていること，居住地の価値を反映していると考えられる指標の1つである地価と居住地が生み出す生活環境質の間に差異がある可能性があること，が明らかになった．また，用途地域指定は都市内のQOL分布をある程度コントロールしていると考えられ，まちづくりに対して明確なビジョンを持ち，それに対応した用途地域指定を行うことが重要であると考えられる．

謝辞

本研究は，科学研究費補助金による基盤研究(A)(1)「人口減少・少子高齢化時代における地方都市の双対型都市戦略に関する研究～郊外からの計画的撤退と中心市街地の再構築～（課題番号16206053）」(代表：林良嗣)の一環として行ったものである．また，研究を進めるにあたり，飯田市役所とその職員の方々にデータ提供及びアンケート調査に対して多大な協力を頂いた．ここに記して謝意を表す．

参考文献

1) Petrou S・Renton A：The QALY: a guide for the public health physician，Public Health 107(5)，pp.327～336，1993.
2) 池上直己・池田俊也・土屋有紀　監訳：医療の経済評価，医学書院，2000.
3) 林良嗣・土井健司・杉山郁夫：生活質の定量化に基づく社会資本整備の評価に関する研究，土木学会論文集，No．751／IV－62，55－70，2004.