

# 生活環境質評価に基づく市街地の撤退・再集結計画決定手法\*

A Method for Identification of Planned Retreat and Re-concentration Areas Based on Quality of Life\*

加知範康\*\*・加藤博和\*\*\*・林良嗣\*\*\*\*

By Noriyasu KACHI\*\*・Hirokazu KATO\*\*\*・Yoshitsugu HAYASHI\*\*\*\*

## 1. はじめに

21世紀前半の日本の都市には、高度化かつ多様化した住民の要求を満たし、生活環境質(Quality of Life: QOL)を確保しつつ、そのための市街地維持費用を抑えることが求められている。そこで本研究では、人口減少・少子高齢化時代において生活環境質(QOL)が高い都市空間構造を実現するための居住地立地誘導の方向性を見出すために、都市内各地区における居住から得られる生活環境質を定義し、これを用いた撤退・再集結地区選定手法を提案する<sup>1)2)</sup>。生活環境質の評価尺度として余命を単位とした「Quality Adjusted Life Year (QALY)」を用いる。財政的持続性および社会的公平性制約下での都市全体の生活環境質最大化問題を定式化し、さらに、これを都市の居住地立地施策に適用するために、生活環境質を市街地維持費用で除した社会的費用効率(S値)を用いた撤退・再集結地区選定の枠組みに展開する。本手法を実際の地方都市に適用し、撤退・再集結地区選定を行うとともに、実際の土地利用状況との比較を行う。

## 2. 生活環境質指標に基づく市街地拡大抑制策検討方法

### (1) 生活環境質最大化モデル

居住地の生活環境質(QALY)向上を目指した市街地拡大抑制策の検討を行うために、財政・公平性制約下で対象都市全体での生活環境質を最大化する数理最適化問題を式(2.1)~(2.9)に示すように定式化する。なお、本研究では都市域の空間構造のうち変化するのは居住地立地のみと仮定する。なお、生活環境質の構成要素の定式化およびQALYの算出法は参考文献2)を参照されたい。

\*1 キーワーズ：計画手法論，都市計画，土地利用，QALY

\*2 正会員，博(環境)，名古屋大学大学院 環境学研究科  
(〒464-8603 名古屋市千種区不老町，  
TEL052-789-2773, FAX052-789-1454)

\*3 正会員，博(工)，名古屋大学大学院 環境学研究科  
(〒464-8603 名古屋市千種区不老町，  
TEL052-789-2773, FAX052-789-1454)

\*4 フェロー，工博，名古屋大学大学院 環境学研究科  
(〒464-8603 名古屋市千種区不老町，  
TEL052-789-2773, FAX052-789-1454)

## 目的関数

$$\begin{aligned} \max_{POP_{pl}, LPs_l} & \left[ \sum_p \sum_l QALY_{pl} POP_{pl} \right. \\ & = \sum_p \sum_l \{ LE_p + CV_p^T LPs_l \} \\ & \left. \times \{ \alpha_l POP_{pl} + \Delta POP_{pl} \} \right] \end{aligned} \quad (2.1)$$

$$CV_p^T = [cv_p^{AC}, cv_p^{AM}, cv_p^{SS}] \quad (2.2)$$

$$LPs_l^T = [AC(\mathbf{IF}_l), AM(\mathbf{IF}_l), SS(\mathbf{IF}_l)] \quad (2.3)$$

ここで、 $QALY_{pl}$ : 個人属性グループ  $p$  の地区  $l$  での QALY,  $POP_{pl}$ : 個人属性グループ  $p$  の地区  $l$  の人口,  $LE_p$ : 個人属性グループ  $p$  の期待余命,  $LPs_l$  ( $\mathbf{IF}_l$ ): 地区  $l$  のインフラ整備量  $\mathbf{IF}_l$  ベクトルにより決定される環境特性ポテンシャルベクトル,  $CV_p$ :  $LPs_l$  1 単位に対する個人属性グループ  $p$  の余命換算値。

## 制約条件

財政制約:

$$\mathbf{p}^T \sum_l \mathbf{IF}_l \leq \bar{C} \quad (2.4)$$

$$\mathbf{P} = [P_{IF_i}], \mathbf{IF}_l = [IF_{li}] \quad (2.5)$$

受入人口制約:

$$\sum_p (\alpha_l POP_{pl} + \Delta POP_{pl}) \leq POP_l^{CAP} \quad (2.6)$$

合計人口制約:

$$\sum_l (\alpha_l POP_{pl} + \Delta POP_{pl}) = POP_p^T \quad (2.7)$$

撤退地区数制約:

$$\sum_l \alpha_l = N_{T-Mesh} - N_{PR-Mesh} \quad (2.8)$$

公平性制約:

$$G(QALY_l) \leq \bar{G} \quad (2.9)$$

ここで、 $P_{IF_i}$ : インフラ  $i$  の単位維持管理費用,  $IF_{li}$ : 地区  $l$  のインフラ  $i$  の整備量,  $\Delta POP_{pl}$ : 撤退・再集結後の個人属性グループ  $p$  の地区  $l$  の人口変化,  $N_{T-Mesh}$ : 対象地域の全地区数,  $N_{PR-Mesh}$ : 撤退地区数,  $\alpha_l$ : 地区  $l$  が撤退地区のとき 0・非撤退地区のとき 1 となるダミー変数,  $G$ : ジニ係数。

(2) 対象都市全体での生活環境質最大化に基づく土地利用の方向性指標の導出

インフラ整備量 $IF_i$ と人口 $\Delta POP_{pl}$ を操作変数とする、式(2.1)は式(2.10)のように書き直すことができる。

$$\max_{p, \Delta POP_{pl}} \left[ QALY_T \left\{ LPs_l(p, \bar{C}), \Delta POP_{pl} \right\} \right] \quad (2.10)$$

さらに、これを全微分すると式(2.11)になる。

$$dQALY_T = \sum_i \left[ \sum_i \frac{\partial QALY_T}{\partial p_{IF_i}} dp_{IF_i} + \sum_p \frac{\partial QALY_T}{\partial POP_{pl}} dPOP_{pl} \right] \quad (2.11)$$

式(2.11)から地区  $l$  に対応する部分を抜き出したものが、式(2.12)に示す地区  $l$  の生活環境質の全微分である。

$$dQALY_l = \sum_i \frac{\partial QALY_T}{\partial p_{IF_i}} dp_{IF_i} + \sum_p \frac{\partial QALY_T}{\partial POP_{pl}} dPOP_{pl} \quad (2.12)$$

式(2.12)の第1項は、地区  $l$  のインフラ  $i$  に対する追加的投資 1 単位に対する生活環境質の変化量を、第2項は、個人属性グループ  $p$  の増加人口 1 単位に対する生活環境質の変化量を示している。これらの値が大きいことは、追加的投資や人口増加に伴って生活環境質を上げるポテンシャルを各土地が持つことを意味するため、土地利用変更の方向性を示す指標であると考えられることができる。

(3) 社会的費用効率(S値)による逐次最適化モデル

実際の都市では既に居住者が各地区に居住しているため、前述の最大化モデルの解に適合するように、移転を一斉に実施することは困難である。また、実際の移転には様々な費用が発生することから、それらを見込んだ移転策の導出を行うことも必要である。そこで、最大化モデルをもとに、各地区における土地(居住地)に対する社会的費用効率を表す S 値(Social Cost Effectiveness of QOL)を新たに定義する。そして、その向上を目指して撤退地区と再集結地区の選定を行う逐次最適化モデルを提案する。具体的には、図-1 に示すように、必要な S 値の向上および費用削減に達するまで、両地区の選定を繰り返すことになる。

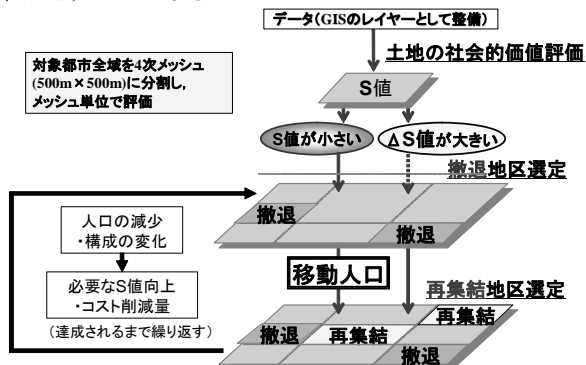


図-1 撤退・再集結地区選定の枠組み

a) S値の定義

本研究では、土地の S 値を評価するために、その土地が、現時点から将来に渡って創出する生活環境質 QALY と、必要となる社会的費用 LCC の 2 つの側面を把握する必要があると考える。そこで、S 値をこれら 2 つの比、すなわち「その土地が投入される費用 LCC に対して創出している生活環境質 QALY」と定義し、式(2.13)により定式化する。

$$S_l = \frac{\sum GLE_{pl}}{LCC_l} \quad (2.13)$$

ここで、 $S_l$ : 地区  $l$  における土地の社会的費用効率、 $GLE_{pl}$ : 地区  $l$  における個人  $p$  の獲得余命、 $LCC_l$ : 地区  $l$  を維持するために必要な社会的ライフサイクル費用。

S 値は、式(22)における第 1 項に対応する指標である。

b) 撤退地区選定指標

現実的な撤退策実施の方法は、撤退地区において建て替え・住み替え時期に達した住宅の居住者から順に再集結地区に移転させていく漸次的撤退である。この場合、地区内の一部住民のみが撤退しても、その地区の大半のインフラは維持しなければならないため総社会的費用はそれほど低下せず、短期的にはむしろ都市居住者 1 人当たり社会的費用が増加する可能性も考えられる。本研究では、住宅の建て替え時期の空間分布のデータを入手することが困難であったため、まず最も効率的なケースについて検討するという観点から、撤退地区は居住者がゼロとなり、社会的費用もゼロとなることを想定する。この想定に従えば、撤退地区におけるインフラ供給を一度にすべて中止することになり、漸次的撤退と比較すると費用削減を過大評価することになると考えられる。撤退地区選定指標として S 値を用い、この値が小さい地区から順に撤退地区候補に選定する。

c) 再集結地区選定指標

再集結地区の選定においては、式(2.14)、(2.15)に示す、人口増加に対する S 値の変化量を用い、この値が大きな地区から順に再集結地区候補に選定する。ただし、S 値の分母・分子にあたる GLE と LCC は人口増加に対して、変化すると考える。

$$\Delta S_l = \frac{\Delta \sum GLE_{pl}}{\Delta LCC_l} \quad (2.14)$$

$$\Delta LCC_l = (lcc \times n) - \{LCC_l - (N_l \times lcc)\} \quad (2.15)$$

ここで、 $\Delta S_l$ : 地区  $l$  における追加的社会的費用効率、 $GLE_{pl}$ : 地区  $l$  における個人  $p$  の獲得余命、 $LCC_l$ : 地区  $l$  を維持するために必要な社会的ライフサイクル費用、 $lcc$ : 1 人当たり社会的ライフサイクル費用、 $n$ : 増加人数、 $N_l$ : 地区  $l$  の総人口。

### 3. 実際の都市を対象としたケーススタディ

本研究では、分析対象都市として長野県飯田市を取り上げる。飯田市は長野県南部に位置する地方都市であり、人口約 11 万人、周辺町村を合わせた都市圏全体の人口は 20 万人弱である。2000 年度における飯田市の概要を表-1 に示す(飯田市は 2005 年 10 月に 2 村を編入したが、本分析では旧飯田市域のみを対象範囲とする)。小規模町村に囲まれ、近くに大きな都市がないことから、外部からの影響を受けにくい独立性の高い都市圏であり、撤退・再集結策の分析対象範囲として適当と考えられる。分析の地理的単位として、標準地域メッシュの 1 つである 3 次地域区画を、緯線方向及び経線方向に 2 等分してできる緯度間隔 15 度、経度間隔 22.5 秒の 4 次メッシュ(約 500m×500m の四角形)を用いる。

表-1 飯田市の概要 (2000 年)

人口 (人)	107,381
面積 (k m <sup>2</sup> )	325.35
人口密度 (人/k m <sup>2</sup> )	330
世帯	35,876
市内総生産 (億円)	3,545

#### (1) 価値観に基づく生活環境質の重みの推定結果

居住者の生活環境質に関する価値観を表す重みを推定するコンジョイント分析を行うために、表-2 に示すアンケート調査を実施した。調査結果から得られた LPs 評価要素間の相対重要度を図-2 に示す。

表-2 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き (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・回収数	500・258

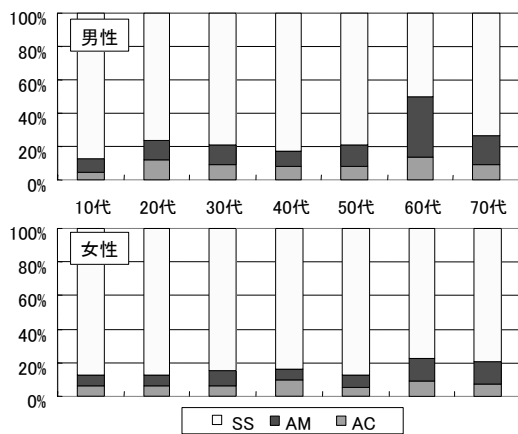


図-2 LPs 評価要素の相対重要度

この図から以下のことを読み取ることができる。相対重要度は、全年代を通して災害安全性(SS)が交通利便性(AC)、居住快適性(AM)に比べて大きくなっている。AC、AM は女性より男性の方が大きく、SS は逆に男性の方が大きい。また、男女に共通して、60、70 代ではそれ以外の年代と比較して AC、AM の重要度が大きくなり、SS 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、高齢者(期待余命が小さい年代)は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と考えられる。

#### (2) QOLの算出結果

地区への居住から得られる QALY による総獲得余命 GLE の平均値は 1 人当たり 2 ヶ月程度(65.5 日)であり、総期待余命 LE と GLE の比は約(1 : 0.004)であった。すなわち、住民が居住地から得ている生活環境質は、期待余命 LE に対して 0.4%程度と、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。

#### 獲得余命と土地利用現況

図-3 に、算出した 1 人当たり GLE の分布を示す。値の大きい A~C の地区に着目する。

A 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。

B 地区は旧官庁街であり、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。

C 地区は、周辺部に位置し、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 地区はいずれも旧集落の中心地であるという共通点を有することから、生活環境質の向上を目指した土地利用変化策の方向性として、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。

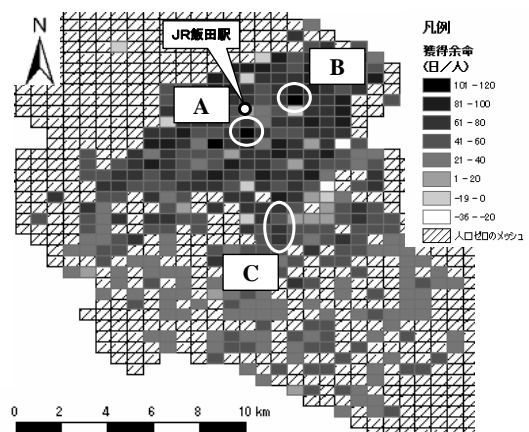


図-3 1 人当たり獲得余命の算定結果

### (3) 撤退地区選定指標の空間分布

式(2.13)を用いて算出した社会的費用効率  $S$  値の分布を図-4 に示す。  $S$  値の小さい地区ほど、単位投資当たりの獲得余命が少なく、撤退候補地区となる。

全メッシュ中 6 メッシュのみ  $S$  値がマイナスの値を示している。これらのうち 3 メッシュが人口 30 人程度と、人口密度が非常に低い地区であり、撤退地区の第 1 候補として考えられる。

$S$  値  $0.0\sim 0.5$ (日/千円)の地区は市内全域に広く分布しているが、その多くは幹線道路沿いであり、白地地域もしくは住居系以外の用途地域指定が行われている。これらの地区は、想定必要撤退量に応じて撤退候補地区として考えていく必要がある。

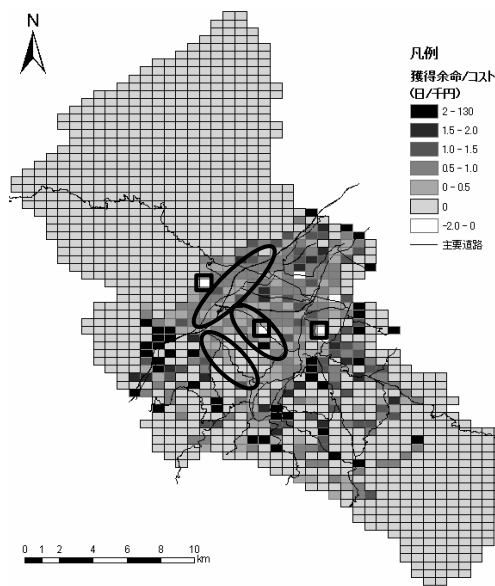


図-4 S 値の算定結果

### (4) 再集結地区選定指標の空間分布

再集結地区としては  $\Delta S$  値(式(2.14))の高い地区から選定していくことが考えられる。本研究で定義した QOL 指標は、世代別・性別の QOL を計測することができる。したがって、人口増加による  $\Delta S$  値は、その世代・性別内訳によって変化する。そこで、10 代から 70 代の各世代の男女計 14 人を 1 つの標準ユニットとして、各地区につき 10 ユニットの人口増加が起こった場合の  $\Delta S$  値を算出した。なお、人口増加に伴う必要投資額をライフサイクル費用のみとして考える。  $\Delta S$  値が大きい地区が再集結候補地区となる。市街地の低密な拡大が起こる以前の飯田市では、JR 飯田駅周辺の中心市街地以外に、旧町村の支所を中心とした集落が点在する地域構造が形成されていた。この点を考慮すると、飯田市の目指すべき都市形態として、インフラ整備や人口を旧来の集落周辺に再び集中させ、分散集中型に誘導することが有力な選択肢として考えられる。

再集結地区選定結果の妥当性を検討するため、10 ユニット増加時の  $\Delta S$  値の大小に着目する。その結果、図-5 の中で丸で囲んで示した 5 つの地区は、すべて旧町村の行政・商業の中心地付近であった。つまり、分散集中型の都市形態になることが示された。

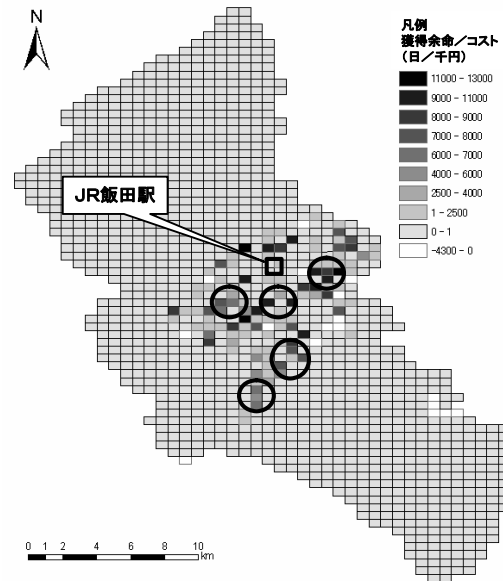


図-5 再集結候補メッシュ (10 ユニット増加時)

## 4. おわりに

本研究では、地区への居住により得られる生活環境質を人間の余命に換算して評価する手法を開発し、その指標に基づいた市街地拡大抑制策検討の方法論を構築した。それによって得られた知見として、追加的社会的費用効率  $\Delta S$  値を用いた場合には、中心部と郊外部という二者択一でなく、旧町村の核にあたる地区が居住地として望ましいという結果が得られた。これは、経済成長期においては経済的制約を考える必要がなかったもので、郊外立地が大きな問題とはならなかったが、今後の経済低成長期においては、費用面の考慮が重要となり、複数の核を持つ分散集中型の都市形態を目指していくべきであることを示唆していると言える。

謝辞：本研究は、平成16～18年度科学研究費補助金・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)、および財団法人土地総合研究所の平成17年度土地関係研究者育成支援事業助成(代表：加藤博和)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) 加知範康, 岑貴志, 加藤博和, 大島茂, 林良嗣: ポテンシャル型アクセシビリティに基づく交通利便性評価指標群とその地方都市への適用, 土木計画学研究・論文集 Vol.23, No.3, pp.675-686, 2006.9
- 2) 加知範康, 加藤博和, 林良嗣, 森杉雅史: 余命指標を用いた生活環境質(QOL)評価と市街地拡大抑制策への適用, 土木学会論文集, 第D部門, No.62/IV, pp.558-573, 2006.11