

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560621

研究課題名(和文) 農山村と都市との関係を考慮した国土計画のあり方に関する研究

研究課題名(英文) Optimum state of land planning in consideration of the relationships of the rural and urban area

研究代表者

林 良嗣 (Hayashi, Yoshitsugu)

名古屋大学・環境学研究科・教授

研究者番号：00133091

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円、(間接経費) 1,260,000円

研究成果の概要(和文)：人口減少・少子高齢化が著しい日本の中山間地域を対象に、居住の社会的意義を定量的に明らかにするとともに、地域の自律的な維持発展を可能とする施策を検討した。主要な研究成果は以下の通りである。1) 人工林や農地等を維持する優先順位を示す指標として、それが発揮する生態系サービスの価値と、維持に必要な費用との比である「人工林・農地の維持必要性」指標NOFを定義した。2) 環境・社会・経済の各観点からの評価を統合した集落維持の必要性指標NODを開発し、それをを用いて集落の撤退・集約を選定する方法論を構築した。3) 三重県檜田川流域圏を対象にこれら方法論を適用し、居住を中止または促進する地区の選定案を示した。

研究成果の概要(英文)：This research identifies a quantitative measure of social necessity of the forests in hilly and mountainous areas that a population decline, low birthrate and aging in Japan. Also, we discuss the autonomous self-sustainable development of such areas. Our major achievements are as follows: (1) Development of the NOF indicator which is the value of the ecological service the artificial forests and farmlands divided by their maintenance cost. That shows the order of the maintenance priority of the forest. (2) Development of the NOD indicator of the settlement which integrates evaluation indicators with environment, society, and economy. Moreover, the proposal of the methodology to choose retreatment and concentration areas. (3) Application to the Kushida River basin area at Mie Prefecture for selecting stopping or promoting districts to inhabit.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木計画学・交通工学

キーワード：国土計画 中山間地域 QOL 持続可能性 流域圏 人口減少・少子高齢化 生態系サービス 撤退・凝集

### 1. 研究開始当初の背景

中山間地域における居住の持続性を高める方策に関しては、様々な研究・調査が存在しているが、そのほとんどは、個別事例の調査分析やフィールド調査、もしくは規範的な中山間地域のあり方検討であり、実際の施策を提言するまでには大きな隔りがある。また、国土計画の体系自体がそうであるように、中山間地域に関連する学問分野も縦割りの状態にある。国土計画に中山間地域をどのように位置付け、そこに居住することの意義を明確化した上で、国土計画における中山間地域の役割と維持方策を見いだそうとするアプローチが必要である。

中山間地域に多く存在する農地や森林が国土全体に対して果たす役割として、食料・木材生産、水源涵養、洪水調節、生態系サービス、CO<sub>2</sub>固定といったものが挙げられる。これらは市場価値として評価される機会がまれで、従来あまり顧みられてこなかった多面的機能であるが、過疎化によって低下することが懸念されている。既に、人工林が過疎化で放置され、荒廃することによって、水害や土砂災害が激化したり、野生生物が頻りに山を下りたりするなどの悪影響が起きていることはよく知られている。また、いずれの要素も気候変動によって大きく変化することから、その検討が今後重要になる。さらに、多くの中山間集落においては、少子高齢化や人口減少が著しく進行し、中山間地域が有する固有価値の1つである独自の伝統文化がコミュニティ崩壊により継承されず、文化の消滅の危機に瀕しているところも多い。

本研究では、これら中山間地域の価値を総合的に評価するために、中山間地域における集落存在の意義を、地域が有する多面的機能と、それを支える人の居住、すなわち集落の必要性の2段階に分けて明らかにする必要があると考える。その上で、厳しい財政制約の中で国土計画において中山間地域やその集落に対し、いかなる方策をとる必要があるかを明らかにすることが急がれる。

### 2. 研究の目的

日本における「中山間地域での集落存在の必要性検証」が本研究の中心的な問題意識である。

国土の7割を占める中山間地域は、全国に先んじて人口減少・少子高齢化が進んでおり、限界集落と呼ばれる高齢化率50%を超えた持続不可能な集落も急増している。一方で、第二次大戦後の国土計画の基調であった「国土の均衡ある発展」と、それを都市地域から中山間地域への所得移転によって支える構造の行き詰まりが極まっている。従来型過疎対策の延長で中山間地域を維持することは困難となっている。そこで、中山間地域に集落が存在し人間が居住することの今日的な意義を検討し、存在すべきなのであれば、それを効率的に支援する国土計画のあり方を

見いだすことが必要となっている。そのために、中山間地域が有する機能、およびそこに人が住むことで機能がいかにか維持・向上し、また住民の生活も豊かになりうるかを検討する必要があると考えた。

### 3. 研究の方法

日本の中山間地域について、集落、およびその集合体である地域生活圏に着目し、その成立・持続可能性が決定されるメカニズムをモデル化する。その際、ストックとフローを用いて中山間地域の集落の存在意義・付加価値を分析し、持続可能性について考察を行う方法を示す。具体的には、地域が有するストックと、それが多面的機能として発揮されたフローを把握し、結果を踏まえてフロー増大方法を検討する方法論を構築する。

まず、地域が有する様々な資源(ストック)を把握し、中山間地域が持つポテンシャルを定量的に明らかにする。また、それに伴って発揮される多面的機能(フロー)の分析を行うことで、その地域のストックが他地域(特に都市)にもたらす効果を把握するとともに、人間居住に伴う効果発揮の変化を明らかにする。

これらを踏まえ、中山間各集落の維持必要性および持続可能性を診断し、それに基づく「撤退」集落と「維持」集落との仕分け、「撤退」集落から「維持」集落への人口集約の進め方、および「維持」集落の持続可能性を高めるための治療方法について明らかにする。その結果、「維持」する集落を中心とした中山間地域と都市域との関係性に留意しながら、国土のあるべき姿を実現するためのロードマップをまとめる。

なお、本研究は日本の一般的な状況について分析を行うものであるが、その評価対象フィールドとして三重県中部の櫛田川流域(松阪市および多気町)を設定する。合併により広域の森林・農地を有する中山間地域が含まれ、行政・地域の問題意識が高いことから、本研究のフィールドとして適切であり、かつ地域との協力体制も確立している。

### 4. 研究成果

(1) 中山間地域の人工林維持、管理の社会的必要性を評価するNOF指標の開発

日本の中山間地域の多くを占める森林や農地は、現代では経済的な生産力は低いものの、「社会的価値」をもたらす生態系サービスを有しているという点で保全は重要視されている。しかし、どの地区から優先して保全を行うべきか、定量的な検討がなされていない。そこで、中山間地域における人工林・農地を対象に、生態系サービスの価値とそれを発揮させるために必要な維持・管理費との比である「人工林・農地の社会的必要性=NOF(Social Necessity Of Forests)」指標を式(1)で定義した。

$$NOF_i = ES_i / esCOST_i \quad (1)$$

ここで、

$ES_i$  (Ecosystem Services)

: 地区 (区画)  $i$  における維持・管理に伴い半自然資本が発揮する生態系サービスの価値 (アウトフロー)

$esCOST_i$

: 地区 (区画)  $i$  における  $ES$  の効果を発揮させるために必要な維持・管理費用 (インフロー)

式(1)は一種の費用便益比である。本来ならば便益側には経済的価値 (例えば木材の価値や観光価値など) も計上する必要がある。しかし例えば森林の場合、現状の木材市場では国産木材そのものの経済的価値は見込めない状態である。また観光価値も一般の人工林で見込むことは難しい。そのためここでは、主に都市域住民が便益を享受する生態系サービスに絞って NOF を評価し、その見返りに都市部が維持・管理費用を負担することを想定する。

NOF を各地区別に算出することによって、その地区の人工林、農地の維持に人が携わってほしいかが判定可能となり、中山間地域のメリハリある支援が可能となる。NOF 値の大小は、そこが人にとって住みやすく魅力的なところかどうかとは無関係に決まるので、政策としては NOF 値の大きい地区を優先して管理すること、あるいはその周辺に既存の居住地があるとすれば、住みやすく魅力ある地区にして人口を誘致することで、常に近くで人が管理できる状態にすることが考えられる。一方、NOF 値が小さい地区は、多くの投入を必要とする (そもそも人が携わりにくい) か、あるいは生態系サービスが期待できないと考えられるため、仮に現在、人が住んでいたとしても、人口定着・増加策は控えるべきであることになる。

三重県松阪市・多気町の人工林で NOF の算出を行った後に、小班レベルでの NOF 値の分布を分析した。NOF 値の大きい人工林から順に、現在の林業従事者数で維持・管理ができる人工林を選択した。その結果、全域での生態系サービスの価値は 1,011.2 億円/年であった (表 1)。また、維持・管理費は 49.6 億円/年と算出され (表 2)、林業従事者が住んでいる集落内の人工林を維持・管理する場合と比較して、約 1.3 倍程度の ES 値増加が見込まれた。図 1 は算出された NOF 値の分布である。これを用いることで、森林区画の大小や地区の属性などに関わらず、生態系サービスを費用効率的に得られるかどうかという観点から、優先して維持・管理すべき「人に携わってほしい」地区を選定することが可能となる。

(2) 環境・社会・経済の 3 指標を統合した集落の社会的必要性 NOD 指標の開発

先に NOF 指標を開発し、どの森林に人が携わらなければならないかの優先順位設定を可能とした。しかし一方で、NOF 値の高い森林の周辺にある集落が、住環境や行政負担の面から見て良好

であるか否かは全く別の問題である。費用をかけて集落を良好とすることで、森林を維持・管理できる人に住んでもらうのか、それとも集落を放棄し、維持・管理する人は別の地域から通ってもらうのかを示す必要があり、そのためには NOF 値とともに周辺集落の居住環境や維持費用を評価する必要がある。特に、インフラ維持費用が少なく済むことは、人口減少社会ではより重要である。現存する中山間集落を全て維持することは財政面から肯定できず、インフラ維持費用から見た集落の「選択と集中」も求められるからである。

表 1 対象地域の森林の生態系サービスの価値評価額

多面的機能の種類	人工林評価額 (億円/年)	天然林評価額 (億円/年)
土砂災害防止・土壌保全		
表面侵食防止	411.2	189.3
表層崩壊防止	81.7	42.3
水源涵養		
洪水緩和	139.2	72.8
水資源貯留	119.2	63.8
水質浄化	212.4	111.5
地球環境保全		
二酸化炭素の吸収	29.4	6.0
化石燃料代替	2.1	1.0
保健・レクリエーション		
保養	16.2	8.3
合計	1,011.2	495.0

表 2 1年あたりに必要な維持・管理費の内訳

維持・管理項目	維持・管理費用 (億円/年)
人件費	32.0
作業路建設費	10.8
林内路網	1.7
搬出費用	5.1
維持・管理費合計	49.6

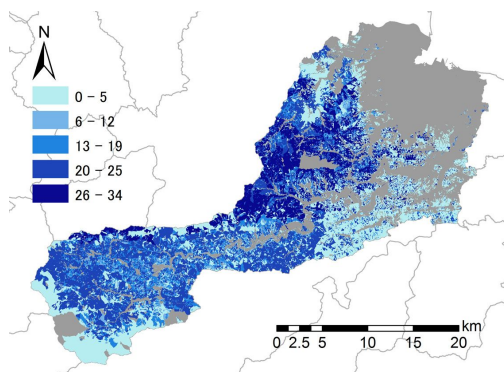


図 1 NOF 値の分布

すなわち、集落の社会的必要性は、まず NOF によって、近隣の半自然資本 (森林) の必要性を評価するとともに、それに携わる住民の住環境と、それを維持するために必要な行政支援のバランスを見ることで、特定することが可能である。

そこで本研究では NOF 指標 (環境)、QOL 指標 (社会)、インフラ維持費用 (経済) の 3 指標を統合した、集落維持の社会的必要性 (Social Necessity Of Districts :NOD) 指標を提案した。これを用いて、存続を断念する集落と、集約して残すべき集落を選定することで、持続可能な地域に転換して行くための集落再編案決定の方法論を構築した。

この指標を用いることで、NOF 値の大きい

地区を優先して管理すること、またその周辺に既存の居住地があるとすれば、住みやすく魅力ある地区にして人口を誘致することで、常に近くで人が管理できる状態=NOD 値を高い状態にすることが具体的に提案できる。あるいは、著しく住環境が低いか費用が高い場合には、集落を放棄し、維持・管理する人は別の地域から通ってもらうという選択肢が有力となる。一方、NOF 値が小さい地区は、森林維持のために多くの投入を必要とする（そもそも人が携わりにくい）か、あるいは生態系サービスが期待できないと考えられるため、仮に現在人が住んでいたとしても NOD 値が低いと評価でき、人口定着・増加策は控えるべきであるという結論が導き出せる。

NOD 指標を定義するにあたり、NOF 指標、QOL 指標、インフラ維持費用を定式化する。NOF 指標は、式(1)で定義したものを使用する。QOL 指標は、研究代表者らが関わった既往研究において開発された、Accessibility(AC)、Amenity(AM)、Safety&Security(SS)の3つの評価軸からなる12の項目を生活環境質向上機会(LifeProspects:LPs)として、対応するデータを用いて数値化し、それに個人の価値観を表す重みwを乗じて総和をとることにより定量化した。インフラ維持費用に関しては、道路・公共上下水道・簡易水道・農業集落排水・合併処理浄化槽を評価対象とする。各集落におけるインフラ維持費用は、インフラの存在量にそれぞれの費用原単位を乗じて算出する。以上3つの指標(NO F, QOL, インフラ維持費用)を推計することで、生態系サービスの発揮しやすい地域、住環境が高い地域、インフラ維持費用が安い地域の特定が可能となる。

これらの指標を基にした地域分類として、「地域に住む/住まない」、および「生態系サービス発揮のための維持管理を行う/行わない」の組み合わせが考えられる。このいずれを選択すべきかを特定するために、NOF, QOL, インフラ維持費用を統合した NOD 指標を構築した。

NOD を式(3)で定義する。ここでの NOD は集落単位での1年あたりの値として扱う。

$$NOD = (ES_S / esCOST_S) \cdot (QOL_S / inCOST_S) \quad (3)$$

ここで、

$ES_S$  (Ecosystem Services)

：集落における維持・管理に伴い半自然資本が発揮する生態系サービスの価値

$esCOST_S$

：集落における ES の効果を発揮させるために必要な維持・管理費用

$QOL_S$ ：集落における総 QOL 値

$inCOST_S$

：集落における総インフラ維持費用

NOD は生態系サービスの発揮のための維持管理費用の効率性である NOF (=ES/esCOST), および QOL を確保するためのインフラ維持費用の効率性 (=QOL/inCOST) の2つによって

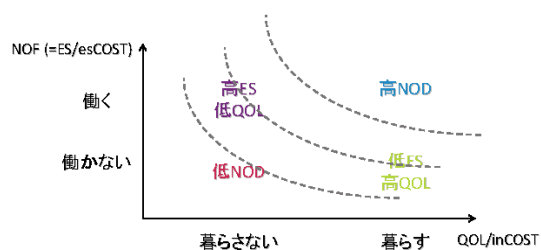


図2 NOD 指標による集落分類

示される。NOD 値と、集落において「働く/働かない」「暮らす/暮らさない」の分布との

関係を図2に示す。NOD 値の高い集落は持続可能であると判断される一方で、NOD 値の低い地域や、ES 値・QOL 値が高い集落では、集落の再編を検討することになる。

### (3) 実際の地域における居住を中止または促進する地区の選定案

三重県檜田川流域圏を対象に、各小地区における市街地維持費削減と、住民の QOL 向上を目指しながら、多目的遺伝的アルゴリズム(GA)による最適化計算により、撤退地区および集結地区の選定案を示した。中山間地域と都市地域を分けて扱った部分最適、全区域を一括して対象とした全体最適を行い、得られるパレート解から、QOL 重視の施策、市街地維持費重視の施策、QOL と市街地維持費の両方を考慮したバランス重視の施策、について選定される地区の違いを考察した。

部分最適から得られた結果を表3に、全体最適から得られた結果を表4に示す。移転人数を比較すると、QOL 重視よりも市街地維持費重視の方が多くなり、積極的に撤退・集結を行う傾向が示される。また、部分最適の方が移転人数が、削減可能な市街地維持費も大きくなっている。この結果から、部分最適の方が費用対効果の高い移転を行えるといえる。

続いて、QOL 重視、市街地維持費重視、QOL・市街地維持費のバランス重視の3つ

表3 各種指標のシナリオ比較(部分最適)

項目	施策前	QOL 重視	維持費重視	バランス重視
QOL 値 (日/人)	0.376	0.391	0.383	0.387
市街地維持費 (百万円/年)	7908	7786	7699	7733
施策費 (百万円)		1221	1674	1316
削減可能維持費 (百万円)		611	1047	876
移転人数(人)		1446	2086	1976

表4 各種指標のシナリオ比較(全体最適)

項目	施策前	QOL 重視	維持費重視	バランス重視
QOL 値 (日/人)	0.376	0.395	0.384	0.390
市街地維持費 (百万円/年)	7908	7809	7757	7778
施策費 (百万円)		1109	1381	1260
削減可能維持費 (百万円)		494	756	651
移転人数(人)		1453	1732	1620

の施策の最適化を行った。その結果、QOL 向上には、災害安全性の低い地区から高い地区への移転が、市街地維持費削減には、地価が低くインフラ設備が過度な地区からの撤退がより効果的であることが分かった。

さらに中山間地域においては、施設の老朽化が進んでおり、撤退・集結を考えるうえで、施設の再配置は重要な課題である。そこで、櫛田川流域圏において、公共医療施設の移転を想定し、最適化計算を行った。その結果、中山間地域において、市街地維持費を削減しながら住民のQOLを向上できることが分かった。このように、今回適用した最適化手法は、公共施設の移転と集落・居住地の撤退・集結策を同時検討することが可能である。また、実際の施策検討の際に、複数ある評価指標の重みを変化させた撤退・集結シナリオを提案でき、多面的な視点から議論を行うことができる。

#### (4) 今後の課題

本研究では、中山間地域の半自然資本が持つ価値を評価する指標の開発を行い、実際の地域を対象に評価を行い、地域の撤退・集結案を提示した。今後の課題は、半自然資本や住民の住環境の維持管理に必要な費用を指標として、自然に返すべき森林および農地を選定し、効率的な半自然資本の運用を検討することや、半自然資本によって発揮される多面的機能はあくまで一部にすぎないため、森林および農地のより包括的な評価を行うことである。

#### 5. 主な発表論文等

##### 〔雑誌論文〕(計 2件)

長尾征洋, 青野隆仁, 戸川卓哉, 加藤博和, 佐野充, QOL 指標と維持費用に基づく撤退・集結市街地の遺伝的アルゴリズムを用いた選定方法, 土木学会論文集 D3(土木計画学), 査読有, Vol.68, No.5, 2012, pp.1\_339-1\_348.

DOI:http://dx.doi.org/10.2208/jscejipm.68.1\_339

宮田将門, 亀谷国大, 加藤博和, 川瀬康博, 林良嗣, 中山間地域の人工林維持, 管理の社会的必要性を評価する指標の提案, 土木学会論文集 D3(土木計画学), 査読有, Vol.67, No.5, 2011, pp.1\_389-1\_398.

DOI:http://dx.doi.org/10.2208/jscejipm.67.67\_1\_389

##### 〔学会発表〕(計 10件)

柴田達矢, 森田紘圭, 高野剛志, 加藤博和, 柴原尚希, 林良嗣, 半自然資本のもたらすQOL向上への影響の定量評価, 平成25年度土木学会中部支部研究発表会, 2014年3月7日, 岐阜大学。

高野剛志, 森田紘圭, 加藤博和, 林良嗣, 加知範康, 個人属性を考慮した生活環境質に対する価値意識の違いに関する基礎的

考察, 第48回土木計画学研究発表会(秋大会), 2013年11月3日, 大阪市立大学。加藤博和, 森田紘圭, 林良嗣, 都市・健康分野におけるQOL評価指標の統合化に向けた基礎的考察, 第16回日本環境共生学会学術大会, 2013年9月29日, 豊橋技術科学大学。

宮田将門, 加藤博和, 川瀬康博, 林良嗣, 中山間集落の社会的必要性を評価する指標の提案, 第46回土木計画学研究発表会, 2012年11月4日, 埼玉大学。

林良嗣, 高野雅夫, 黒田由彦, 都市-農村系の総合処方箋 人生の質を高めるオルタナティブな都市化, 第15回日本環境共生学会学術大会, 2012年9月2日, 北九州市立大学ひびきのキャンパス。

戸川卓哉, 加藤博和, 林良嗣, 森田紘圭, 環境・経済・社会のトリプル・ボトムラインに基づく持続可能な都市空間構造の検討, 第15回日本環境共生学会学術大会, 2012年9月2日, 北九州市立大学ひびきのキャンパス。

水野孝泰, 長尾征洋, 宮田将門, 加藤博和, 佐野充, QOL指標の最適化による中山間集落の集約シナリオ評価, 第45回土木計画学研究発表会, 2012年6月2日, 京都大学吉田キャンパス。

宮田将門, 加藤博和, 林良嗣, 川合紀寿, 中山間地域における集落再編策検討のためのQOL指標・インフラ維持費用評価手法, 第44回土木計画学研究発表会, 2011年11月25日, 岐阜大学。

青野隆仁, 長尾征洋, 戸川卓哉, 加藤博和, 佐野充, QOL指標を用いた撤退, 再集結地区選定への遺伝的アルゴリズムの適用 - 旧上越市を対象として -, 第43回土木計画学研究発表会, 2011年5月29日, 筑波大学。

西野慧, 戸川卓哉, 森田紘圭, 加知範康, 加藤博和, 林良嗣, 郊外居住者の価値観を考慮した大都市圏における都市コンパクト化の評価, 第43回土木計画学研究発表会, 2011年5月29日, 筑波大学。

##### 〔その他〕

ホームページ等

<http://www.urban.env.nagoya-u.ac.jp/sustain/Jindex.html> (名古屋大学大学院環境学研究科 林・加藤研究室ホームページ)

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

林 良嗣 (HAYASHI, Yoshitsugu)  
名古屋大学・大学院環境学研究科・教授  
研究者番号: 00133091

##### (2) 研究分担者

加藤 博和 (KATO, Hirokazu)  
名古屋大学・大学院環境学研究科・准教授  
研究者番号: 90293646