

機関番号：13904

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2007～2010

課題番号：19201010

研究課題名（和文）

交通を考慮した新たな地域総合環境評価モデルの開発

研究課題名（英文） A New Model of Comprehensive Regional Environmental Evaluation  
Internalizing Transportation Activities

研究代表者

宮田 譲 (MIYATA YUZURU)

豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：20190796

研究成果の概要（和文）：

本研究の最終目標は、三遠南信地域における交通、経済、土地利用、環境負荷の統合モデルを作成し、三遠南信地域の総合的環境評価モデルを開発することにある。研究期間中に2種類のモデルを構築した。1つは部分均衡型の応用都市経済(CUE)モデルであり、他方は一般均衡型の空間経済(SCGE)モデルである。本研究では対象地域における道路ネットワークを独自に設定し、CUEモデルを用いてゾーン別経済集積の変化、交通量変化、経済効果、環境負荷変化、土地利用変化をシミュレーション分析できた。SCGEモデル分析では愛知県、静岡県西部、長野県南部を対象として、対象地域を31ゾーンに分割した。三遠南信自動車道の完成を想定し、その経済効果を計測した。研究期間を通じて当初の研究目的はほぼ達成されたものと言える。

研究成果の概要（英文）：

The final goal of this research is to construct comprehensive models of transportation, economy, land use and environmental loads in San-En-Nanshin region in Japan. During the study term, we developed two types of models. One is a computable urban economic (CUE) model of a partial equilibrium type. Another one is a spatial computable general equilibrium (SCGE) model. Assuming future road networks in the study region and applying the CUE model, we simulated changes in the economic clusters, traffic volume, economic impacts, environmental loads and land use pattern by zone. In SCGE modeling analysis, the study region was extended to Aichi prefecture, a west part of Shizuoka prefecture and a south part of Nagano prefecture. The new study region is divided into 31 zones. Assuming the completion of San-En-Nanshin express way, its economic impact was measured by the SCGE model. Through the study term, our final goal has almost been completed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	7,900,000	2,370,000	10,270,000
2008年度	7,200,000	2,160,000	9,360,000
2009年度	7,200,000	2,160,000	9,360,000
2010年度	7,200,000	2,160,000	9,360,000
年度			
総計	29,500,000	8,850,000	38,350,000

研究分野：環境経済学，都市・地域経済学

科研費の分科・細目：環境学，環境影響評価・環境政策

キーワード：総合的環境評価，地球環境問題，空間経済モデル，交通便益，環境経済モデル

### 1. 研究開始当初の背景

世界人口の45%を越す約26億人が都市地域に居住し、人口、社会経済活動、エネルギー利用が集中し、大量生産、大量消費、大量廃棄の資源浪費、環境破壊型社会から、省エネルギー、省資源を徹底した循環型社会への変革が急務の課題となっている。

特に人口や人間活動の集中する都市においては、先進国では人口の70%以上が居住しており、自動車交通の普及による都市の低密拡散、都市中心部の空洞化が進行しており、エネルギー大量消費型の都市形態となっている。

このような問題意識から、本研究では日本の三遠南信地域(愛知県東三河地域、静岡県西部地域、長野県南部地域、人口約 220 万人)を対象地域として、環境共生型地域を「環境負荷を最小にし、かつアメニティを最大化する」ような地域形態と定義し、その動学的総合環境評価をモデル分析によって行おうとするものである。

### 2. 研究の目的

(1) 対象地域を三遠地域(愛知県東三河、静岡県西部)とし、応用都市経済(CUE)モデルを構築する。また本研究独自の将来道路ネットワークを想定する。CUE モデルを用いて道路ネットワーク整備の進捗に対して、対象地域の交通量変化、経済便益、環境負荷、土地代変化などをシミュレーションする。

(2) 対象地域を愛知県全体、静岡県西部、長野県南部に拡大し、対象地域を 31 ゾーンに区分する。31 ゾーンが全て連関するような空間的応用一般均衡(SCGE)モデルを構築する。そして三遠南信自動車道の完成を想定し、その経済便益を対象地域の全てのゾーンに対して計測する。さらに土地利用変化、環境負荷変化を計測できるようにモデルを拡張する。

### 3. 研究の方法

#### (1) 応用都市経済モデル

本研究では応用都市経済モデル(CUEモデル)を基本とするモデルの開発を行っている。このモデルは図1に示すように立地均衡モデルと交通需要予測モデルから構成される。両者を同時に均衡させ、矛盾なく統合するために、交通需要予測モデルでは所与の活動立地のもとでの交通市場均衡解を求め、活動立地均衡モデルでは所与の交通費用のもとでの立地均衡解を求めるものとしている。そしてそれらの均衡解が収束するまで両モデルを交互に推計するモデル構造となっている。

交通需要モデルは、立地均衡モデルで推計された家計・企業の立地分布及び自由・業務トリップ数を用いて発生トリップ数を推計し、トリップを交通ネットワーク上に配分さ

せていくモデルである。交通需要モデルで推計された自由・業務トリップ一般化費用は、立地均衡モデルへ戻され、立地均衡モデルと交通需要モデルが均衡するまで繰り返し計算される。それらのモデルで均衡がとれた状態が最終的なシミュレーション結果として扱われる。CUEモデルでの均衡解をもとに移動発生源、固定発生源別にCO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、浮遊粉塵が推計される。

本研究では交通量配分計算について確定均衡概念を主としているが、確率均衡概念の適用についても検討を行っている。

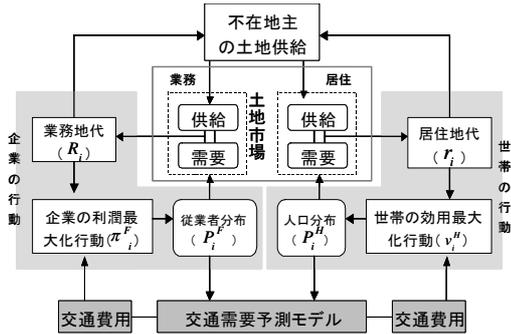


図1 応用都市経済モデルの構造

#### (2) 空間的応用一般均衡モデル

本研究のモデルは対象地域のゾーンに対して、ゾーン間物流、人流を内生化した空間経済モデルである。基本的には武藤・伊藤・岩崎による定式化を援用しているが、一部の関数型、空間価格決定は本研究独自の工夫がなされている。モデルは全て数式で表現されるが、極めて煩雑であるために、本報告書では数式表現を避けた形で述べる。

#### ①モデルの全体構造

本研究の空間経済モデルは既に述べた対象地域、すなわち 31 ゾーンを対象としている。各ゾーンには従業者 1 人当たりで定義された企業、1 人当たりで定義された家計が存在する。産業数は  $m$ 、総人口は  $N$  とする。

市場は  $m$  個の財市場、1 労働市場、1 資本市場、各ゾーンにおける  $m$  個の業務用地市場、1 居住用地市場を考える。本研究においては財市場、労働市場、資本市場は対象地域全体で考える。これはゾーン別に市場を考えるとそれぞれ差別化しなければならず、データの入手が不可能であり、計算量も膨大となることを考慮したものである。

図2は本研究のモデルの概略を示したものであり、以下にその主要部分について説明する。

#### ②企業行動

ゾーン  $s$  の産業  $j$  の企業は労働者 1 人に対

して定義され、利潤最大化を目的とする。

$max$  利潤 = 売上額 - 中間投入額 - 労働費用 - 資本費用 - 業務交通費用 - 土地費用

この利潤を最大化し最大化利潤、中間需要、労働需要、資本需要、業務交通需要、土地需要が求まる。

また本モデルでは企業の立地選択を考慮している。企業の立地選択確率は以下のように表される。

産業  $j$  企業のゾーン  $r$  への立地選択確率  
 $= PF_j^r$  (産業  $j$  企業のゾーン  $r$  での最大期待利潤)

### ③家計行動

家計は対象地域全体で同質とし、 $r$  ゾーンに居住し  $s$  ゾーンで働く家計を考える。1家計は生産財、旅客運輸サービス、余暇からなる現在消費、貯蓄により得られる将来消費、土地投入から効用を得て、予算制約条件のもとで効用最大化行動を取るものとする。これは以下のように記述される。

$max$  家計効用 =  $u$ (消費, 貯蓄, 自由トリップ, 余暇, 居住地面積)

予算制約条件

総利用可能時間所得 + 資本所得 = 消費額 + 貯蓄額 + 自由トリップ支出額 + 余暇価値額 + 居住地代

この効用最大化問題を解き、最大化効用値、消費需要、貯蓄額、自由トリップ数、余暇時間、労働時間、居住地需要が求まる。家計についても立地選択を考える。

ゾーン  $s$  で働く家計がゾーン  $r$  に居住する確率 =  $PH^{rs}$  (ゾーン  $r$  での期待最大効用)

### ④不在地主行動

ゾーン  $s$  の不在地主は業務用地  $AS_F^s$  と居住用地  $AS_H^s$  を差別的に供給する。その時の土地サービス量は、ゾーン別初期地代を用いて  $h_F^s \cdot AS_F^s + h_H^s \cdot AS_H^s$  とする。このサービス量に応じて、費用最小化となるように中間需要、旅客運輸需要、労働需要、資本需要、土地需要が決まる。

### ⑤市場均衡条件

上記の経済主体の行動により、市場均衡条件が導き出される。

・財市場均衡条件

対象地域全体での産業別生産量 = 各産業への中間需要 + 各産業への最終需要 + 各産業の純移輸出入

・資本市場均衡条件

対象地域全体での家計による資本供給 = 産業別資本需要量合計

・業務用地市場均衡条件

ゾーン別業務用地供給量 = ゾーン別業務用地需要量

・居住用地市場均衡条件

ゾーン別居住用地供給量 = ゾーン別居住用地需要量

以上のモデルによって交通(一般化)費用が与えられている時に業務目的、自由目的、通勤目的の分布交通量が決定される。これにより経済均衡、立地均衡が達成される。

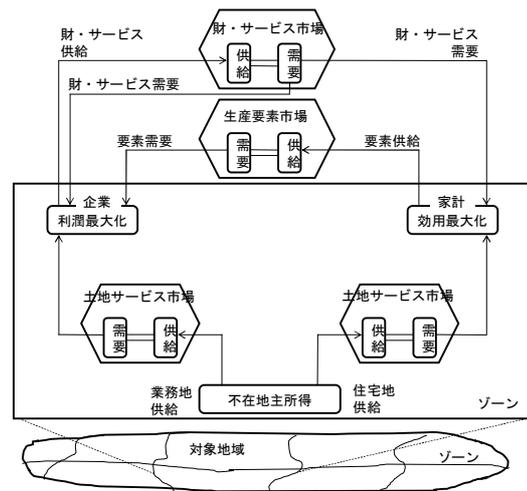


図2 空間的応用一般均衡モデルの構造

## 4. 研究成果

### (1) シナリオの設定

CUE モデルによる分析では表1と表2に示すシナリオを設定した。

### (2) シミュレーション結果

①分布交通量モデルのパラメータ推定は線形回帰とポアソン回帰の2種類を試みている。ポアソン回帰では交通量ゼロのODペアも考慮することができるという利点を持つ。

②最新データである平成17年道路交通センサスを用いてモデル構築を行っている。

③ゾーン別の経済効果の推計を行った。

④CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, 浮遊粒子状物質の排出量を推計した。

⑤将来道路整備について段階的に3ケースを想定し、シミュレーションを行った。年間便益はシナリオ1が3,593億円、シナリオ2が4,410億円、シナリオ3が4,745億円と推計された。対象地域のGDPは約8兆円と推計され、シナリオ3での経済効果はGDP比5.9%となり、公共事業の中でも効果が大きいものと解釈される。

表1 各シナリオの整備計画案

シナリオ名	整備段階	設定した主な整備内容
シナリオ1	短期整備計画案	国道23号線/バイパスの東西連結(蒲郡は除く)、音羽蒲郡C、豊川ICアクセスの強化、国道247号線/バイパスの整備、豊橋渥美線明海地区の交差点改良など
シナリオ2	中期整備計画案	シナリオ1の整備+三河港周辺地域産業幹線道路網の既成、国道23号線/バイパスの暫定2車線全通及び一部4車線化、第二東名高速道路と三遠南信自動車道の構成など
シナリオ3	長期整備計画案	シナリオ2の整備+三河港周辺地域産業幹線道路網の完成、国道23号線/バイパスや臨港道路の4車線化による東西方向の交通処理能力の向上、(仮)豊橋三ヶ日道路の整備による国土幹線道路や地域幹線道路への連絡道路の強化など

表2 各シナリオの整備量

シナリオ名	既存道路(車線増設整備)	新設道路
シナリオ1	2→4車線・・・約23km	2車線・・・約80km
	4→6車線・・・約4km	4車線・・・約27km
シナリオ2	2→4車線・・・約43km	2車線・・・約120km
	4→6車線・・・約4km	4車線・・・約42km
シナリオ3	2→4車線・・・約93km	2車線・・・約156km
	4→6車線・・・約4km	4車線・・・約65km

①線形化重回帰分析 ②ポアソン重回帰分析

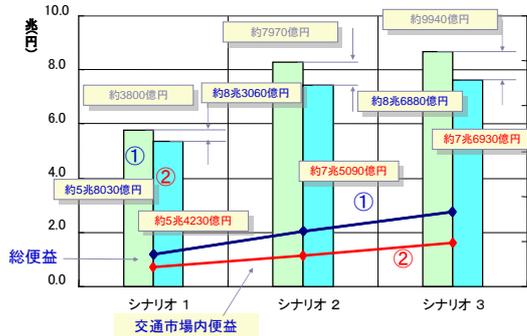


図3 道路整備による40年間便益の推移

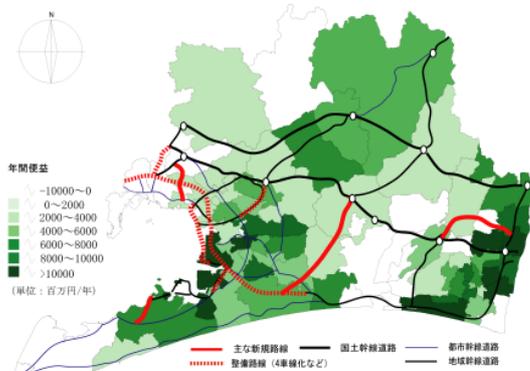


図4 シナリオ3のゾーン別年間便益(線形化)

⑥上記のケースに対応する CO<sub>2</sub> は以下のようであった。カッコ内は自動車による排出量を表す。シナリオ1が2,262万トン(288万トン),シナリオ2が2,268万トン(293万トン),シナリオ3が2,267万トン(288万トン)であった。ちなみに愛知県の生産部門からの排出量は約8,000万トンと推計される。

(3) 三遠南信自動車道による時間短縮効果  
三遠南信自動車道による時間短縮効果を見てみよう。図8は三遠南信自動車道による

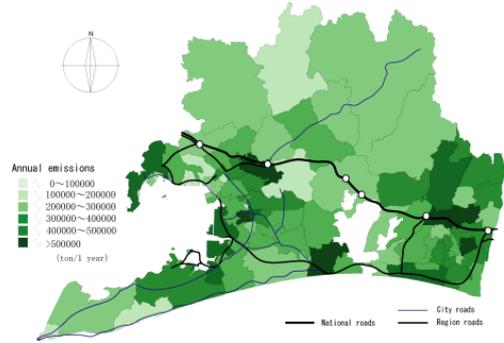


図5 基準ケースでのゾーン別 CO<sub>2</sub> 排出量 (固定発生源)

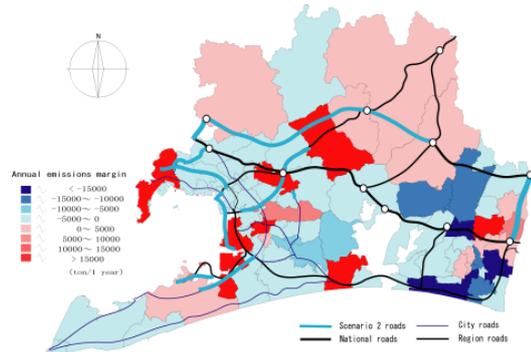


図6 シナリオ1からシナリオ2にかけてのゾーン別 CO<sub>2</sub> 排出量の増減(固定発生源)

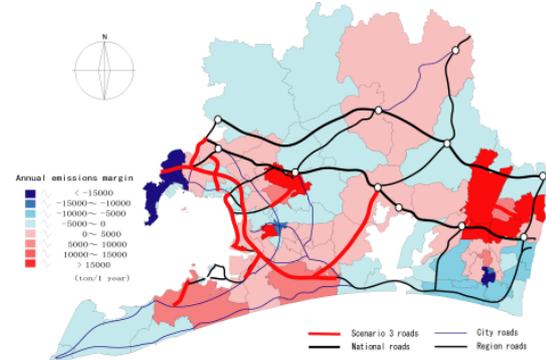


図7 シナリオ2からシナリオ3にかけてのゾーン別 CO<sub>2</sub> 排出量の増減(固定発生源)

ゾーン間時間短縮効果(単位：分)を示したものである。既に中央自動車道が南信地域にあるために愛知県西部に対する効果は現れない。大きな効果が見込めるのは引佐町、浜北市、天竜区周辺などである。豊橋市に対しては引佐町へ行く時間がかかるものの、交通需要が大きいため一定の経済効果が見込める。

以上のような現状を考慮すると、三遠南信道路の完成は地域に密着した経済効果をもたらすものと言える。さらに地域経済、地域インフラ全体を俯瞰しながら、三遠南信自動車道の効果をより大きなものとするのが課題となる。

#### (4) 三遠南信自動車道の費用便益分析

三遠南信自動車道の便益は交通経済学におけるショートカット法から求めることができる。いま一般に一般均衡効果により交通需要曲線がシフトした場合の便益は図9の一般均衡消費者余剰として表される。

ここで一般均衡効果による交通需要曲線のシフトが小さく、かつ交通需要が一般化交通費用に対して非弾力的である場合、図10に示すように一般均衡消費者余剰は一般化交通費用の減少×現状の交通需要でほぼ近似できる。この立場から現状ODパターンを固定した交通量における時間短縮年間便益(人流のみ)は244億円で推計された。

次に三遠南信自動車道の総事業費を年費用の観点から考察してみよう。年費用は以下の式から求められる。ここでは国の費用便益分析マニュアルから、道路の耐用年数を50年、割引率を4%、総事業費を5,000億円と1兆円の2ケースを想定している。

$$\begin{aligned} \text{年費用} &= 5,000\text{億円} \times \frac{0.04 \cdot (1 + 0.04)^{50}}{(1 + 0.04)^{50} - 1} \\ &= 233\text{億円} \end{aligned}$$

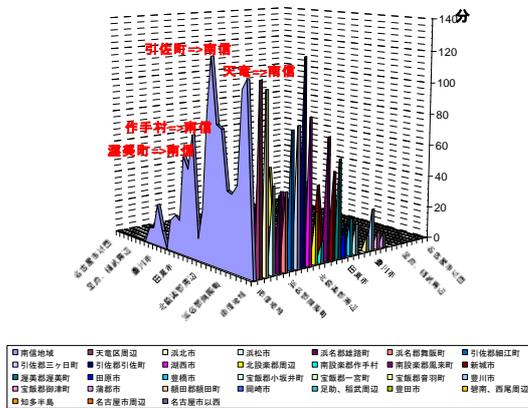


図8 三遠南信自動車道による時間短縮効果

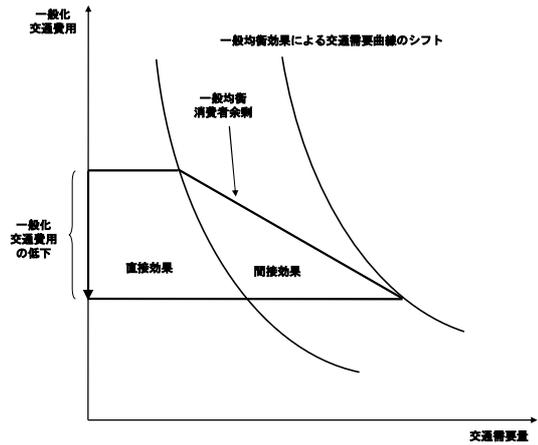


図9 一般均衡消費者余剰とショートカット法

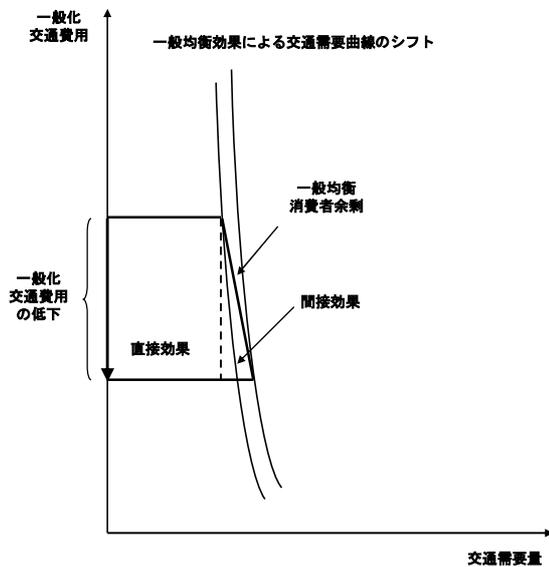


図10 一般均衡効果が小さく価格非弾力的な交通需要曲線

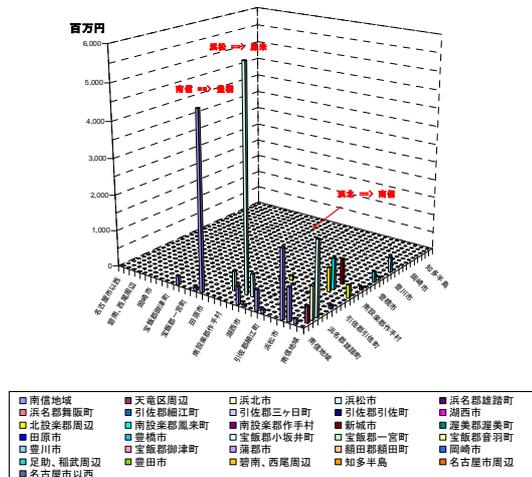


図11 三遠南信自動車道による地域間便益

$$\text{年費用} = 1\text{兆円} \times \frac{0.04 \cdot (1 + 0.04)^{50}}{(1 + 0.04)^{50} - 1}$$

= 466億円

このことは三遠南信自動車道の年間便益が233億円を上回らなければ、投資効率が疑問視されることを意味している。上述したように人流、物流から見た三遠南信自動車道への需要は決して大きいものではない。

総事業費が5,000億円であれば辛うじて費用便益基準を達成できるが、総事業費がそれを超える場合には費用便益基準を超えることは高いハードルである。

さらに地域間の便益発生状況を図11で見よう。最も大きいのは浜松市から鳳来町への便益で、約65億円の年間便益となった。次いで南信地域から豊橋市があげられ、約48億円の年間便益であった。便益は都市部に多く帰着していることが示されているが、鳳来町のような中山間地の便益が大きいことは、現状のODパターンでも中山間地域を活かすビジネスチャンスがあることを示している。

以上の研究成果は多くの国際会議で発表され、国際的に高い評価を得ている。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計50件)

①金野 隆, 大貝 彰, 宮田 譲, 谷 武, Emanuel LELEITO, A System Dynamics Model Framework for Examining Measures for Promoting Population Migration to Rural Areas in Japan, Proceedings of the 7th International Symposium on City Planning and Environmental Management in Asian Countries, 査読有, 2010, 205-214

②宮田 譲, 廣島康裕, 洪澤博幸, 中西仁美, Economy-Transport-Environment Interactive Analysis -A Spatial Modeling Approach-, Studies in Regional Science, Vol. 39, No.1, 査読有, 2009, 109-130

[学会発表] (計59件)

①Hossain Nahid, Ha Thi Thu Trang, 宮田 譲, A Simplified Spatial Computable General Equilibrium Model of San-En-Nanshin Region in Japan, 57th Annual North American Meetings of the Regional Science Association International, 2010年11月11日, Grand Hyatt Hotel, Denver, USA

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

<http://www.pm.hse.tut.ac.jp/kakenA/>

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮田 譲 (MIYATA YUZURU)  
豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 20190796

(2) 研究分担者

廣島 康裕 (HIROBATA YASUHIRO)  
豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 60023347

大貝 彰 (OHGAI AKIRA)

豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 10160433

洪澤 博幸 (SHIBUSAWA HIROYUKI)

豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 70291416

中西 仁美 (NAKANISHI HITOMI)

オーストラリア CSIRO・研究員

研究者番号: 00422816

(3) 連携研究者

( )

研究者番号: