

平成 22 年 3 月 1 日現在

研究種目：基盤研究(B)  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18310125  
 研究課題名（和文） 警固断層による福岡都市圏の地震被害予測とその環境的・経済的発災インパクト評価  
 研究課題名（英文） Earthquake Damage Prediction in Fukuoka Area due to Kego Fault and its Environmental and Economic Impact Evaluation  
 研究代表者  
 川瀬 博 (KAWASE HIROSHI)  
 京都大学・防災研究所・教授  
 研究者番号：30311856

## 研究成果の概要：

まず福岡市域の各観測点に対して、地震基盤から表層までの増幅特性を求め理論特性と比較検証した。また、人的被害予測モデル構築のために、「閉じ込め」確率予測式を求め、死傷者の分布などを推定した。さらに、城南区で微動観測を実施して、三次元盆地構造モデルを改良した。一方、微動の水平上下スペクトル比から断層位置を特定する方法を警固断層に適用し、その有効性を検証した。最後に整備した計算機によって三次元FDM計算を行い、警固断層地震の強震動予測を実施した。さらに福岡市の建造物の振動特性に基づいて被害予測モデルを補正して高精度化した。以上のシステム開発により、当初目標を達成できた。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
2007年度	7,000,000	2,100,000	9,100,000
2008年度	3,000,000	900,000	3,900,000
年度			
年度			
総計	14,500,000	4,350,000	18,850,000

## 研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学 自然災害科学

キーワード：福岡・警固断層・地震被害・建築構造物・環境負荷・経済損失

## 1. 研究開始当初の背景

今日、従来のひたすら災害低減を指向した単純な防災施策(=被害は少なければ少ないほどよい)から、リスクマネジメントの観点に立って都市災害を管理・制御する=資源最小化の制約のもとで最適な方法を選択する防災施策にシフトすることが急務である。これはすでに多額の資産が蓄積され、高度に結合された我国の大都市において、自然災害が与える環境上および経済上のインパクトを、そのストックに比べれば極めて限られた投

資によって最小化することを考えざるを得なくなっていることによる。言い換えると成熟した日本経済においては、これまでのように構造物を頻繁に立て替えることによって都市の耐震性を向上させていくといった政策は最早考えられないのである。特に持続型社会の構築に向けて、限られた資源・資金を有効活用し、長期に渡って効率的に都市の維持・管理を考えていくことが重要であり、そのためには長期に渡る災害リスクをきちんと見据えたマネジメントが不可欠である。

これまでリスクマネジメントの考え方は高頻度低損害の災害には適用されてきたが、地震のような低頻度高損害の災害にはほとんど適用されてこなかった。その一番大きな理由は低頻度であるが故にそれによる構造物被害の定量的予測が極めて困難だったためである。しかし、兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)で得られた地震動情報と被害情報を活用することで、我々は定量的な強震動予測モデルと被害予測モデルを構築することができた。この強震動予測モデルを用いればある想定震源に対してある特定地点の強震動を精度よく予測することが可能となる。また被害予測モデルを用いれば現在の建物の大破・倒壊率が予測できるだけでなく、それを一定割合で補強した場合、あるいは逆に設計目標レベルを低下させた場合の大破・倒壊率の変化も追跡することができる。こうしたアプローチを発展させることによって、都市の構造物のストック情報があれば任意の想定地震による都市の地震被害の総和を把握することが可能となる。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、その発生が強く懸念されている福岡市直下を貫く警固断層で地震が発生した場合に、その定量的な強震動予測および被害予測を実施し、さらにその被害予測結果と都市機能の相互連関を表現したモデルに基づいて、この地震災害が都市全体の環境および経済に与える総合的な発災インパクト予測システムのプロトタイプを構築し、総インパクト低減の観点に立って防災施策を考える新しい都市地震災害リスクマネジメントの方法論を提示することにある。

## 3. 研究の方法

本研究は震源から経済活動に至る都市の発災インパクト総合予測システムを構築する学際的研究プロジェクトであり、大きく下記の1～5の要素技術の開発および6の統合化および事例適用のサブテーマから構成される。

- (1) 都市直下の内陸地震に特徴的な「やや短周期パルス」を含む定量的な強震動予測に必要な特性化震源モデルを、福岡県西方沖地震の観測波形をターゲットに構築する。
- (2) 2005年3月20日の福岡県西方沖地震の発生により、その発生が危惧される警固断層地震による福岡市および周辺都市域の定量的な強震動予測に必要な地下構造を、福岡県西方沖地震の観測強震動の分析と微動観測によって明らかにする。
- (3) 警固断層地震による福岡市およびその周辺都市域の強震動予測を実施する。
- (4) 開発済みの構造物の被害予測モデルをベ

ースに、建物種別ごと・階数ごとの応答波形から家具や設備機械の被害発生率を求めるモデルを構築する。被害レベルに応じたコスト評価・環境負荷評価のシステムを開発する。

- (5) 主として建築物とそれを支えるインフラストラクチャに着目した都市モデルを構築して、発災時のコスト評価・環境負荷評価を試みる。
- (6) 構築した震源から環境負荷に至る発災インパクト予測システムに基づいて警固断層地震の発生により生み出される福岡市都市圏における環境負荷と経済損失の予測を行う。

以上のように構築した発災インパクト予測システムを用いることにより、例えば構造物の耐震補強促進政策を導入した場合の被災確率の変動などが与える影響を把握し、その有効性を都市の維持管理に必要なマネジメントコストとその施策によるベネフィットの比較考量の観点で評価する等、都市地震災害リスクマネジメントに活用可能となる。

## 4. 研究成果

### (1) 震源モデルの高精度化

平成18年度にはまず震源の高精度化に向け、福岡県西方沖地震の震源過程の詳細を調べるため高密度強震観測網で観測されたP波波形に非常に高分解能の解析を施した。その結果、以下のことが判明した。1) 初期破壊面は、アスペリティが存在する主破壊面とは異なる。2) 震源で始まった破壊は、まず福岡市とは反対方向の北西方向に伝播し、約1秒後主破壊面に達しその破壊を誘導した。主破壊面の破壊の開始点は初期破壊面と主破壊面のちょうど交線上に位置する。3) 主破壊面の破壊フロントは、主に福岡市の方向に広がり、オリジンタイムから3.7秒後アスペリティの北西端に達し、強震動の生成が始まった。

### (2) 地下構造の高精度化

福岡市直下の深部地下構造に関しては、福岡市域の地下構造を検証する目的で3次元FDMによって福岡県西方沖地震の再現を試み、市街地中心部ではよい再現が得られること、一方周辺の堆積層が薄い地域ではあまりよく合わないことを見出した。そこで最新の重力異常データを入手してそれにあわせてこれまでのモデルを再構築した。その結果得られた基盤深さは周辺部でこれまでよりもずっと薄くなる結果となった。この地下構造を用いて警固断層地震の強震動を予測した。結果は市街地中心部でこれまでの予測より大きな最大速度値となった。その理由は震源モデルを見直したため、断層近傍では震源の影響はサイトの影響を上回っているといえる。

### (3) 警固断層位置の高精度推定

福岡市の都市防災上の観点から警固断層の詳細な位置を把握する必要があるが、これまで断層の詳細な位置の特定は地質的調査に依存しており、地形改変の著しい都市部ではその精度には限界があった。そこで微動観測の水平鉛直振幅比(H/V比)から伏在断層の位置特定が可能かどうかを警固断層を対象として検証した。H/V比から伏在断層を特定する方法が確立できれば、調査の簡便性から有用性は非常に高い。警固断層を横断する測線長500mを基準とした33の断面で微動観測を行った。その結果4つのタイプが得られた。

- ①明瞭にH/V比ピーク振動数に変化し警固断層が容易に特定できる測線
- ②ピークが明瞭に出ず断層位置が特定できない測線
- ③ピークが明瞭に出ないもののH/V比の形状が著しく変化し、可能性が疑われる測線
- ④ピーク振動数が明瞭に変化している箇所が2つある測線

①の場合地下構造データから求めた理論H/V比と観測H/V比のピーク振動数はほぼ一致したので、微動H/V比のピーク振動数は表層地盤の厚さと相関があり、鉛直変位のある伏在断層を推定するのに有効であるといえる。実際H/V比が急変する地点と既往推定位置とが一致しない測線があり、調査が必要である。

### (4) スペクトル分離解析

地下構造に関して、スペクトル分離手法により地震基盤から表層までの増幅特性を福岡市域の各観測点に対して求め、それに対して現在用いている速度構造モデルから得られる一次元地盤増幅特性を求めて比較した。その結果増幅特性はよく一致する地点とあまり一致しない地点に分かれたが、一致する地点でも増幅率自体は過少評価傾向にあった。さらに地下構造の最適化にハイブリッドヒューリスティック探索を用いることにより広振動数範囲に渡って効率の良い解析を行い、PS検層データも含めたS波速度構造を同定することで、より適合度の高いサイト特性を持つ地盤構造が得られた。またPS検層データも含めた解析でも良好な同定が出来なかった観測点や地下構造情報が得られていない観測点に対して、類似したサイト特性を持つ観測点を初期値に用いて同定を行うことにより、分離サイト特性によく合うS波速度構造を同定できた。

### (5) 強震動予測

福岡市域の詳細な重力異常図やアレー微動で推定された地下構造をもとに、中道・川瀬による福岡地域の三次元地盤構造モデルの再設定を行い、これをもとに兵庫県南部地震の震源モデルとして提案された断層モデルで警固断層地震の強震動予測を行った。その結果、福岡市域では、深い盆地形状と震源

の伝播破壊によるディレクティブティ効果により、断層に沿った方向に最大速度の大きな領域が広がった。特に、博多湾から福岡市の中心部において、断層直交成分で最大速度と大きな値となったが、地下構造を見直した城南区・早良区の丘陵地では最大速度は従来の計算結果より減少した。

### (6) 人的被害予測

発災インパクト予測に不可欠な人的被害予測モデル構築のために、まず1995年兵庫県南部地震アンケート調査結果データを用いて、「閉じ込め」確率予測式のパラメータを求めた。次いで、警固断層地震の地震動強さ推定値から求めた木造建物被害を予測し、さらに建物被害と人的被害から福岡市での閉じ込め予測を行った。閉じ込め予測結果を入力情報として、福岡市消防局の救助隊員や応援隊による救助活動シミュレーションを実行し、閉じ込めに伴う死傷者の分布、救助にかかる時間などを推定し、救助活動の条件を変えた場合の影響を導き出すことができた。

### (7) 被害予測モデルの高度化

地震地域係数が異なる各地域を代表する福岡市、新潟市、高知市、大阪市、名古屋市において、2階建から14階建の計163棟の中低層RC造建物の常時微動計測を行い建物群の共振周期を把握し、計測を行った建物の地域特性を抽出した。ここでは最も影響が大きい階数の影響のみ補正し、平均共振振動数の地域別差異を抽出した。その結果、調査建物の平均階数である7階建建物に換算した共振振動数は福岡・高知・名古屋・大阪・新潟の順番に低下すること、大阪を基準にすると福岡は12%高く、新潟は23%低いことを明らかにした。もし階数が同じで、質量も同じなら共振振動数の2乗は建物の剛性に比例し、さらに限界変位が一定なら剛性は建物耐力に比例することから、大阪市と神戸市の建物の地域特性(耐力)が同じであると仮定して、さらに平均振動数比に耐力比が比例すると仮定して、この地域別平均共振振動数比から都市ごとの建物の耐力を補正して、地域別被害予測モデルを構築した。

### (8) 環境負荷予測

まず想定南海地震の規模の変化を平均すべり量に反映させて、時系列予測強震動を算定した。その結果、南海地震の発生が遅くなるほど観測点における強震動が大きくなること、南海地震の発生が現在最も可能性が高いと考えられている2036年から発生する時期が10年間ずれると対象観測点における強震動の最大値が約10%大きくなることが分かった。次に、非線形建物被害予測モデルに2009年～2054年までの時系列強震動を入力して、建物被害率を予測したところ、時系列予測建物被害率は大きく変化すること、2036

年より前に発生する場合には基準モデルによる建物被害結果は、安全側の評価になるが、2036年以後に発生すると危険側に評価してしまうこと、その違いは建物の構造種別や建築年代によって差があるが、平均すると南海地震が2036年より約10年間遅れて発生すると建物被害率は概ね4割ほど増加することがわかった。

次に、全国人口予測曲線とその時点での総建物床面積が比例する、すなわち一人当床面積は一定と仮定して「建物床面積推定曲線」を作成し、2060年までの対象建物の時系列床面積を推定した。そして先に求めた建物被害率と、ここで得られた時系列建物床面積から大破建物床面積を時間依存で推定したところ、大破建物床面積は地震発生時期によって大きく変化することが分かった。南海地震の発生する時期が遅くなるほど大破床面積は大きくなり、2045年まではほぼ直線的に増大するが、2045年前後からは頭打ち傾向となった。これは規模の増大に対して被害が増大する傾向と人口減に伴って被災対象建物数が減少する傾向が相殺するからである。また当然のことであるが、かなり先の将来の地震を予測するに当たっては地震規模の発生時期依存性を考慮に入れる方が安全側となる。一方、現存ストック量を用いた予測はかなり将来の被害を過大評価する。特に実際に居住に供する建物総量は今後の人口減に伴って減少することはほぼ確実であり、建物ストックの時系列予測を被害予測に組み込むことが重要である。

最後に、予測した被害建物床面積に基づいて、中破以上の被災建物によるCO<sub>2</sub>負荷量を時系列的に予測した。想定南海地震が2009年から2060年の間に発生したとした場合、全建物によるCO<sub>2</sub>排出量は京都議定書に設定した年間当目標値の41%から76%を占める結果になり、廃棄物量は1990年の全国産業廃棄物の約4%から約9%を占める結果になった。巨大地震による環境負荷の影響は無視するにはかなり大きく、本研究で実施した地震規模と建物ストックの時間依存性を考慮した時系列的な評価はその長期的な対策立案に適している。

以上、本研究では地下構造の詳細調査から断層位置の高精度評価、およびそれらを反映した高精度・広周波数帯域の定量的強震動を実施し、さらに地域性を考慮した建物被害予測モデルを用いて定量的被害予測を実施し、それに基づいておよび建物ストックの年代変化を考慮して発生時期別被害総量を予測するシステムを構築した。さらに人的被害予測システムおよび環境インパクト予測システムと組み合わせることで、地震の防災インパクトを定量的に予測できるシステムのプロトタイプを構築するという当初目的を達

成できた。

## 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12件)

- ①藤田敏之、越境汚染に関するマッチング協定の有効性、環境経済・政策研究、Vol.2、2009、28-38 (査読有)
- ②宝音凶・川瀬博・包那仁満都拉、地域別の建物振動特性を考慮した被害予測モデルの構築手法の提案、日本建築学会構造系論文集、642、1433-1441、2009.8. (査読有)
- ③那仁満都拉・國廣祥・川瀬博、常時微動計測に基づく中低層RC造建物の構造耐震指標の簡易推定、日本建築学会構造系論文集、636、785-794、2009.5. (査読有)
- ④松島信一・川瀬博、1995年兵庫県南部地震での神戸市域における強震動と木造建物被害の再評価、構造工学論文集 B、Vol.55、537-543、2009.3. (査読有)
- ⑤那仁満都拉・川瀬博、時系列的な建物被害率評価、-巨大地震被害予測スキームを用いた時系列被害予測とその環境負荷評価への応用に関する研究 その1、日本建築学会構造系論文集、636、253-258、2009.2. (査読有)
- ⑥岩本亮・川瀬博・包那仁満都拉、微動計測に基づいた在来木造住宅の振動特性の地域性および年代変化、日本建築学会構造系論文集、635、33-39、2009.1. (査読有)
- ⑦中村壯志・川瀬博・中村尚弘、動的相互作用を考慮した非線形応答解析によるRC造被害予測用数値解析建物群モデルの構築、日本建築学会構造系論文集、631、1543-1550、2008.9. (査読有)
- ⑧鶴村香苗・川瀬博、微動測定に基づく地震前後におけるRC造中低層建物の振動特性比較、日本建築学会構造系論文集、627、717-723、2008.5. (査読有)
- ⑨包那仁満都拉・川瀬博、想定南海地震の予測被害率から推定される環境負荷とそれに対する耐震施策の支える影響、日本建築学会総合論文誌、Vol.123、No.1572、2008、87-94 (査読有)
- ⑩川瀬博、福岡県西方沖地震で観測された震度計データとその構造物破壊能、日本地震工学会論文集、第7巻、第2号(特集号:震度計と強震計データの利活用)、190-204、2007.3. (査読有)
- ⑪川瀬博・佐藤智美・包那仁満都拉・梅田尚子、2005年福岡県西方沖地震:強震動とその構造物破壊能および推定理論震源モデル、第12回日本地震工学シンポジウム、2006、Paper No.0014 (査読有)
- ⑫佐藤智美・川瀬博、経験的グリーン関数法

に基づく 2005 年福岡県西方沖地震の特性化震源モデルの推定, 第 12 回日本地震工学シンポジウム, 2006, Paper No.0016 (査読有)

[学会発表] (計 26 件)

- ①宝音 岡・川瀬博, 微動計測に基づく鉄骨造建物とRC造建物の地域別振動特性, 日本建築学会大会, 2009. 8. 29 (仙台)
- ②栗林健太郎・川瀬博, 全国の強震記録から分離したサイト特性に対する最適化アルゴリズムに基づいた地盤構造推定, 日本建築学会大会, 2009. 8. 26 (仙台)
- ③森重信・川瀬博, 微動アレイ観測による福岡市南部の地下構造の推定, 日本建築学会大会, 43-44, 2009. 8. 26 (仙台)
- ④澁谷龍典・川瀬博・清家規, 微動観測によるH/Vスペクトルを用いた伏在断層の推定に関する研究 -警固断層を例として-, 日本建築学会大会, 77-78, 2009. 8. 26 (仙台)
- ⑤村上ひとみ, 想定地震によるブロック塀倒壊と人的被害リスク評価の試み-その 1 福岡市南区の事例-, 日本建築学会大会, 2009. 8. 26 (仙台)
- ⑥岩本亮・川瀬博・那仁満都拉, 微動計測に基づいた在来構法木造戸建住宅の共振周期, 日本地震工学会大会, 2008. 11. 5 (仙台)
- ⑦那仁満都拉・川瀬博, 時系列強震動予測による想定南海地震における建物被害推定, 日本地震工学会大会, 2008. 11. 4 (仙台)
- ⑧山田伸之, 福岡平野西部の文教施設周辺部での微動アレイ探査, 物理探査学会第 119 回学術講演会, 2008. 10. 21 (東京)
- ⑨Ho, Naranmandora and Kawase, Hiroshi, Strong Motion Prediction Using Stochastic Green's Function Method and Evolutional Damage Prediction Based on Nonlinear Structural Models, 14th World Conference on Earthquake Engineering, Session: S02 Researches on Earthquake Prediction, Paper ID: S02-021, 2008. 10. 15 (Beijin, China)
- ⑩Ohshima, Mitsutaka, Takenaka, Hiroshi, and Kawase, Hiroshi, Strong Ground Motion Simulation for the 2005 Fukuoka Earthquake (Mw6.6) by Stochastic Finite-Fault Simulations, 14th World Conference on Earthquake Engineering, Session: 02. Observation and Analysis of Ground Motions, Paper ID: 02-0137, 2008. 10. 15 (Beijin, China)
- ⑪ Kawase, Hiroshi, Mori, Shigenobu, Matsushima, Shinichi, and Umeda, Naoko, Strong Motion Prediction Based on the 3-D Basin Structure and Inhomogeneous Source Process of Hypothesized Kego Earthquake in Fukuoka, Japan, 14th World Conference on Earthquake Engineering, Session: 03. Engineering Seismology: Site Effect, Paper ID: 03-03-0022, 2008. 10. 12 (Beijin, China)
- ⑫濱田俊介・川瀬博, 警固断層の地震による福岡市の地震動予測, 日本建築学会大会, 2008. 9. 18 (東広島)
- ⑬Fujita, T., Game of Pollution Reduction Investment Under Uncertainty, Sixth International Symposium on Multinational Business Management, 2008. 6, 7 (Nanjing University, Nanjing, China)
- ⑭山田伸之, 博多湾岸の小中学校周辺で実施した深部地盤構造調査, 日本地球惑星科学連合 2008 年大会, 2008. 5. 25 (千葉)
- ⑮村上ひとみ・波多野雅之・川瀬博, 福岡市における想定地震に対する閉じ込め予測と救助活動シミュレーション, 日本建築学会中国支部研究発表会, 2008. 3. 9 (呉)
- ⑯山田伸之, 福岡地域における学校施設周辺における微動アレイ観測, 物理探査学会第 115 回学術講演会, 2007. 10. 6 (札幌)
- ⑰山田伸之・山中浩明, 九州北部地域の地震動評価のための地下構造モデルの検証, 日本建築学会大会, 2007. 8. 29 (福岡)
- ⑱中村壮志・川瀬博・中村尚弘, 動的相互作用を考慮した非線形応答解析によるRC造被害予測用数値解析建物群モデルの構築, 日本建築学会大会, 2007. 8. 29 (福岡)
- ⑲森重信・川瀬博・梅田尚子, 福岡市域の深部地下構造の推定とその強震動予測への適用, 日本建築学会大会, 2007. 8. 29 (福岡)
- ⑳包那仁満都拉・川瀬博, 統計的グリーン関数法による広周期帯域の地震動予測, 日本建築学会大会, 2007. 8. 29 (福岡)
- ㉑栗林健太郎・竹中博士・川瀬博, 福岡県西方沖地震における強震動記録と地盤増幅効果, 日本建築学会大会, 2007. 8. 29 (福岡)
- ㉒小城聡志・川瀬博, 微動計測データに基づく鉄骨造中低層建物の被害予測建物群モデルの構築, 日本建築学会大会, 2007. 8. 28 (福岡)
- ㉓ Yamamoto, Y. and H. Takenaka,

High-resolution imaging of rupture process of the 2005 Fukuoka earthquake (Mw6.6), EOS, Proc. of AGU Fall Meeting, S31A-0165, pp.1, 2006.12.12 (San Francisco, USA)

24 Narenmandula Ho and Hiroshi Kawase, Strong Motion Prediction using Statistical Green's Functions and Damage Prediction Based on Nonlinear Structural Models, Proc. of First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Vol.1, Paper No.170, 2006.9.3 (Geneva, Switzerland)

25 Shinichi Matsushima and Hiroshi Kawase, Re-Evaluation of Near Source Strong Ground Motion During the 1995 Kobe Earthquake Considering the Heterogeneity of Source and 3-D Basin, Proc. of Third International Symposium on the Effects of Surface Geology on Seismic Motion, Vol.1, paper No.141, 2006.8.31 (Grenoble, France)

26 Hiroshi Kawase, Toshimi Satoh, and Naoko Umeda, Strong Motion Characteristics Observed During The West off Fukuoka Earthquake of 2005 and Their Simulation, Proc. of Third International Symposium on the Effects of Surface Geology on Seismic Motion, Vol.1, paper No.53, 2006.8.30 (Grenoble, France)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

川瀬 博 (KAWASE HIROSHI)  
京都大学・防災研究所・教授  
研究者番号：30311856

### (2) 研究分担者

清家 規 (SEIKE TADASHI)  
九州大学・人間環境学研究院・准教授  
研究者番号：90243914  
竹中 博士 (TAKENAKA HIROSHI)  
九州大学・理学研究院・准教授

研究者番号：30253397

山田 伸之 (YAMADA NOBUYUKI)  
福岡教育大学・教育学部・准教授  
研究者番号：80334522  
村上ひとみ (MURAKAMI HITOMI)  
山口大学・理工学研究科・准教授  
研究者番号：10201807

### (3) 連携研究者

高口 洋人 (TAKAGUCHI HIROTO)  
早稲田大学・理工学術院・准教授  
研究者番号：90318775  
藤田 敏之 (FUJITA TOSHIYUKI)  
九州大学・経済学研究院・准教授  
研究者番号：30297618  
松島 信一 (MATSUSHIMA SHINICHI)  
清水建設株式会社・技術研究所・副主任研究員  
研究者番号：30393565  
那仁満都拉 (NARANMANDORA)  
飛島建設株式会社・技術研究所・副主任研究員  
研究者番号：30432876