

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：17102

研究種目：特別研究促進費

研究期間：2016～2016

課題番号：16H06298

研究課題名(和文)2016年熊本地震と関連する活動に関する総合調査

研究課題名(英文)General study on the 2016 Kumamoto earthquake and related activities

研究代表者

清水 洋 (SHIMIZU, Hiroshi)

九州大学・理学研究院・教授

研究者番号：50178985

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 49,900,000円

研究成果の概要(和文)：2016年熊本地震について、地震活動や地殻変動、活断層、火山活動への影響、地震災害の特徴などを調査した。その結果、熊本地震は布田川・日奈久断層帯の右横ずれ運動によって発生したが、複数の断層面と複雑な断層形状を持つことを明らかにした。また、建物被害や土砂災害の地盤との関係、特に、地盤の過剰間隙水圧が地すべりの発生要因であることを明らかにした。さらに、災害情報や災害過程、被災救援、エコノミークラス症候群などについての調査から、広域複合災害の問題点と対応策を提示した。

研究成果の概要(英文)：A general study on the 2016 Kumamoto earthquake was conducted, and the features of seismic activity, crustal deformation, active faults, affects on volcanic activity and earthquake disasters were investigated. Although the 2016 Kumamoto earthquake was generated by a right-lateral strike-slip of the Futagawa-Hinagu fault system, our study revealed that the earthquake occurred on the several fault planes with complex geometry. The relationship between seismic hazards and subsurface structures was investigated and found that the excess pore-pressure of soil was a generating factor of the landslides at Aso caldera. Furthermore, our study indicated that the Kumamoto earthquake was characterized by the composite disasters in wide area, and showed their problems and countermeasures.

研究分野：地球惑星科学・自然災害科学

キーワード：熊本地震 地震活動 地殻変動 活断層 強震動 土砂災害 広域複合災害 エコノミークラス症候群

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 2016年4月14日、熊本県熊本地方の深さ約11kmでマグニチュード(M)6.5の地震が発生した。この地震により、熊本県益城町で最大震度7を観測し、大きな被害をもたらした。さらに、28時間後の16日に深さ約12kmでM7.3の地震が発生し、益城町で再び震度7を記録した。これらの地震により、建物の倒壊、土砂災害により50人の生命が失われた。

(2) 今回の地震災害は、最初のM6.5の地震で傷んだ家屋が、それに続いて発生したM7.3の地震で倒壊した可能性も大きく、内陸地震の続発という現象は学術的に見て重要な現象であると同時に、防災上もきわめて重要な課題である。

(3) 一方、今回の震源域近傍には、現在活動中の阿蘇山があり、地震発生が火山活動に及ぼす影響についても理解する必要がある。

(4) また、今回の地震によって発生した斜面崩壊、地すべりの発生分布とメカニズムの解明も防災上重要である。

(5) さらに、今回の地震の災害過程について社会的に考察し、被災者の救援や今後の復旧・復興に役立てる必要がある。

## 2. 研究の目的

(1) 2016年熊本地震は、右横ずれ断層型の内陸地震であり、布田川・日奈久断層帯で発生したと考えられる。しかし、14日の最大前震と16日の本震の関係などの詳細は不明であり、何故続発したのか、何故活発な地震活動が長期にわたり続いたのかを理解することは、学術のみならず防災上も重要である。そのため、本研究では、当該地域の地震観測と地殻変動観測、変動地形学的調査から、今回の地震の震源過程や、活断層と地下の震源断層との関係を明らかにすることをめざす。

(2) 東北地方太平洋沖地震直後に、いくつかの火山で活動が活発化したことから、2016年熊本地震の発生によって今後阿蘇山が活発化する可能性が考えられる。そのため、本研究では、阿蘇山の火山活動について調査し、熊本地震の影響の有無を明らかにする。

(3) 今回の地震では、多くの建物被害や斜面崩壊、地すべり等が発生した。強震観測によりこれらの被害の特徴と要因を明らかにする。特に、土砂災害の発生場所の多くは火山活動による堆積物の分布と関連が示唆されることから、本研究では中山間地における前震・本震による斜面崩壊、地すべりの発生分布を明らかにするとともに、それらのメカニズムについて知見を得ることをめざす。

(4) さらに、今回の地震が地域社会に及ぼした影響や災害救援活動の現状を把握し、課題を明らかにすることによって、今後の地震防災に資することを目的とする。

(5) 今回の熊本地震では、家屋の倒壊や地震の続発により、多くの人々が避難の際に車中泊をしたため、エコノミークラス症候群が問題となった。そこで、本研究には災害医療の専門家も加わり、その実態と課題を明らかにする。

## 3. 研究の方法

(1) 陸上臨時地震観測等による余震活動・地殻構造調査

多数の陸上臨時地震観測点を設置し余震観測を行う。また、観測ではテレメータシステムも使用しリアルタイムでの地震活動の推移を把握する。また、余震発生時の時間変化、余震の発震機構解の時空間変化を求め、地下の地震波速度構造を詳細に調査して、内陸地震の発生機構についても調査する。また、14日に発生した地震と16日に発生した2つの地震の因果関係を調べるとともに、電磁気観測も行い、地下の地震波速度構造と比抵抗構造を詳細に調査するとともに、地殻変形特性の分布を明らかにし、内陸地震の発生機構について調査する。今回の地震は、阿蘇山の近傍で発生しており、阿蘇山の噴火活動に影響することが懸念される。電磁気観測により噴火の原因となる地殻浅部における地殻内流体やマグマの存在とその動きについても調査する。

(2) GNSS及び変動地形学的手法を用いた地殻変動調査

震源域にGNSS観測点を設置し、地震後の正確な地殻変動を調査する。また、震源域周辺で変動地形学的調査を実施し、断層帯と震源断層との関係についての基礎的なデータを取得する。震源の推移に隣り合う断層のセグメントへの影響を調べる。

(3) 阿蘇山における地震・火山活動の変化と大きな地震の発生に伴う火山活動への影響調査

地震の発生により、震源域周辺の応力場が変化した。この地震の震源域の極近傍には、現在活発な活動を続ける阿蘇山があり、今回の地震による火山の活発化の可能性が懸念される。火山周辺に発生する地震活動を調査し、以前の活動との差異を明らかにし、火山活動の活発化が確認されたときには、近傍で発生した大きな地震が火山活動に及ぼす要因を明らかにする。

(4) 災害調査・強震観測による強震動発生特性調査

前震と本震によって震源域周辺では既存強震観測網により多数の強震記録が得られ

るとともに、多くの建物に被害が生じた。前震で震度7が観測された益城町では、建物の被害分布も一様ではなく、震源特性のみならず局所的な地盤の影響を無視できないと考えられる。この地震の震源域周辺での建物被害の理解には、震源と地盤の影響を踏まえた前震と本震による強震動分布の評価が不可欠である。震源域の被災地域を中心として、強震観測網記録の分析に加え、強震観測、地盤調査、微動観測、地盤増幅評価用ボーリング試掘などの現地調査を実施し、震源モデルの推定、強震動評価のための浅部・深部地盤構造モデルの構築、地盤増幅特性の評価により、前・本震による強震動分布の評価を行う。これら結果を用いて、建物被害の原因を明らかにする。

#### (5) 土砂災害及び地すべり発生機構調査

今回の地震によって、道路盛土地盤の崩壊、高速道路の沈下、擁壁の崩落、熊本城の石垣の崩落等、深刻な被害が発生した。そのため、中長年にわたる社会基盤の脆弱性について調査する。中間山地における前震・本震による斜面崩壊、地すべりの発生分布とメカニズムの解明のための調査を行う。

#### (6) 社会素因による被災救援、地域社会に係る影響調査

平成28年熊本地震は激しいゆれと余震を伴い、地域に被災と影響をもたらしている。その状況を災害過程に沿ってモニタリングし、学術的な考察を行い、今後の防災に資する提案を行う。主に、土砂災害など二次災害の影響、被災者の救援とその後の生活再建、住宅ならびに土木構造物の被災が被災者・地域に与える影響、情報の発信・共有が地域に与える影響などについて調査する。

#### (7) 深部静脈血栓症(エコノミークラス症候群)の発生状況と医療活動の調査

熊本地震後、熊本において発生した入院を必要とした「エコノミークラス症候群」の発生数とその継時的発生数、予防、啓発活動の開始時期とその予防効果について検討する。

### 4. 研究成果

#### (1) 陸上臨時地震観測等による余震活動・地殻構造調査

臨時地震観測網による観測データから、精度の高い震源分布が得られ、それらから熊本地震の断層構造について以下の特徴が明らかになった。日奈久断層側は北西側に傾斜した面が明瞭に見られ、地表の断層トレースともおおよそ一致する。一方、布田川断層側では地震活動が低く、地下の断層面は不明瞭である。前震・本震の地震時すべり分布を比較すると、地震時に大きくすべった領域では余震があまり発生していない。前震・本震の震源(初期破壊点)が位置している布田川断層と日奈久断層のジャンクション領域では、前

震の初動解の南東傾斜の節面や、本震の北北東-南南西走向のほぼ鉛直な節面に対応する地震列が認められ、さらにこれら以外にも複数の面が混在し非常に複雑な構造をしている事が明らかとなった。

この地域における応力テンソルインバージョン解析からは、南北もしくは北北西-南南東の方向を向く主張力軸が大きな特徴として挙げられる。熊本地震の発震機構解もこの特徴を持っている。応力比の解析から、別府-島原地溝帯および震源域においては最大主圧縮応力と中間主応力が近い値を取ることが明らかになった。これは、地震発生メカニズムとして横ずれ断層、正断層のどちらでも起こりうる応力場であることを示している。この応力場の状態が横ずれ断層や正断層成分を持つ地震が混在し、複雑な活動様式を示す2016年熊本地震に影響していると考えられる。

さらに本研究では、別府から熊本にかけて行われた比抵抗構造調査のデータを総合的に解析し、比抵抗構造を得た。その結果、2016年熊本地震は低比抵抗と高比抵抗の境界部分に発生していることが分かった。1975年1月23日の阿蘇北部地震( $M_{JMA}6.1$ )、4月21日の大分県西部地震( $M_{JMA}6.4$ )の震源も同様に低比抵抗体の周辺部に位置していた。これら比抵抗構造と震源の関係は、過去の内陸地震発生域で行われた比抵抗構造研究の結果と同様であり、比抵抗構造から地震発生の可能性が相対的に高い地域を予測できる可能性を示すものと考えられる。

#### (2) GNSSおよび変動地形学的手法を用いた地殻変動調査

熊本地震の発生後、8大学が共同して九州中部域にGNSS連続観測点を設置して地殻変動観測を実施した。その結果、日奈久断層帯の南東にある観測点では、本震後1年以上経っても余効変動が継続しているが、日奈久断層帯の北西に設置された観測点では、多くの観測点で余効変動が収束したようにみえる。今後は、粘性緩和などの影響も考慮しながら、本震以降の断層すべりの時空間分布をモデル化することが課題である。

また、熊本地震に伴って地表地震断層が現れたため、大学合同調査グループをつくり、地表地震断層を調査してその特徴をまとめた。地表地震断層は、日奈久断層北部から布田川断層や出ノ口断層に沿って、ほぼ連続的に生じ、その長さは約31kmである。多くの地点で右横ずれ変位が認められ、最大右ずれ変位量は益城町堂園で約225cmである。なお、出ノ口断層に沿っては、一部左横ずれ変位を伴う北西落ちの正断層変位が認められる。今回のずれの範囲や変位量からみて、日奈久断層北部から布田川断層の活断層地形をつくってきた断層運動が今回生じたと見ることが出来る。

(3) 阿蘇山における地震・火山活動の変化と大きな地震の発生に伴う火山活動への影響調査

熊本地震直後の4月16日朝に阿蘇火山の小規模噴火が気象庁より報告された。しかし、火口周辺の調査を実施した結果、中岳第一火口の火口壁の複数箇所が崩落していることが確認され、新たな噴気孔は確認されなかった。本震により崩落した土砂が噴気孔をふさぎ、一時的に圧力の高まった噴気が、火道を削り土砂を巻き上げるなどの現象が発生したと推定される。熊本地震の断層運動により阿蘇火山の草千里直下のマグマ溜まりが変形し、若干膨張すると推定されるが、地震直後には火山活動の活発化をしめす長周期微動の活発化は確認されなかった。

一方、熊本地震本震以降、阿蘇火山周辺のGPS観測点では、余効変動を超える基線長の伸びが観測され、また同時期にマグマ溜まりの膨張(マグマ溜まり側隆起)をしめす傾斜変化が現れた。これらのことから、2016年7月以降にマグマ溜まりの膨張が再開したと考えられる。その後、火山性地震や火山性微動が活発化し、10月7日に二酸化硫黄放出量の増大(15000t/day)がとらえられ、同日21時52分の噴火に至った。その後、火口直下の膨張を示す傾斜変動と長周期パルスの発生を経て、10月8日01時46分に爆発的噴火が発生した。

(4) 災害調査・強震観測による強震動発生特性調査

強震波形記録の解析による震源破壊過程の研究が、東京大学地震研究所や京都大学防災研究所のグループによりなされた。京都大学の解析によると、本震の破壊は日奈久断層帯北部の深部から開始し、布田川断層帯に移った破壊は断層深部から北東にユニラテラルに伝播しつつ、浅い方向へ広がり、布田川断層帯の延長にある阿蘇カルデラ西部で破壊は停止した。地震モーメントは $4.62 \times 10^{19}$  Nm (Mw7.0)、平均すべり量1.8 m、最大すべり量4.8 mとなった。最適な第1タイムウィンドウフロントの伝播速度は2.5 km/sである。地表付近のすべり量は1~3 m程度であり、変位量分布は地表地震断層の観察結果とも調和的である。日奈久断層帯区間では右横ずれすべりが卓越し、布田川断層帯区間では正断層成分を含む斜めすべりと推定された。布田川断層帯でのすべりのピークはやや深いところにあるが、阿蘇カルデラ内でのすべりは浅部に集中している。また、推定されたすべり速度関数の特徴を調べたところ、深さ約3 kmより深い部分では、急峻なピークを持つ非対称なすべり速度関数形状であるのに対し、浅い部分のすべり速度関数は継続時間が長く、対称的な形状のすべり速度関数が得られた。これらは震源断層における強震動発生特性と密接に関係していると考えられ、内陸地震の強震動予測の高度化のための震

源断層のモデル化にとって重要な知見が得られた。

この他、複数の大学のグループにより、強震計を用いた余震観測や、地盤構造調査を目的とした微動アレイ観測が実施された。その結果、本震による被害の大きかった地点における余震の加速度震幅や震度が、被害が小さかった地点に比べて相対的に大きいことが明らかになった。また、これらの特徴は、地下のS波速度構造と関係しており、断層近傍における複雑な地下構造が各観測点の地震動の差に影響を及ぼしたと考えられる。

(5) 土砂災害及び地すべり発生機構調査

阿蘇カルデラで発生した地すべりの発生機構を明らかにするため、阿蘇大橋地すべりの末端付近の土砂および高野台地区の流動性土すべりの土砂を採取し、現場一面せん断試験機を用いて12kPa、25kPaの低応力下で飽和定体積一面せん断試験を実施したところ、両試料ともにnegative dilatancyを示し、最小で11度の低い見かけの摩擦角を示した。これは非排水条件下で過剰間隙水圧が発生し得ることを示す。試験後の含水比はそれぞれ1.4、1.0と異常に大きく乾燥密度も低い。低い密度、高い含水比と保水能力、その結果としてせん断時に発生する過剰間隙水圧が地震時に地すべりを発生させる要因のひとつとなったと考えられる。

(6) 社会素因による被災救援、地域社会に係る影響調査

2016年熊本地震の被害は広域に及び、政令市(熊本市)、地方中心都市(宇城市など)、中山間地域(南阿蘇村など)それぞれに特有の災害が発生する「広域複合災害」であった。

今回の地震の被災救援の課題としては、2度にわたる大きなゆれにより発生した「建物被害による死者発生の実態」を鑑みると、今後の防災対策には、地震発生後の空地(くうち)避難の必要性の認識向上、余震の見通し情報の災害対応活動への活かし方等の検討などの必要性が想定される。

避難所における被災者の実態と課題については、避難者の年齢が高齢(60歳以上が避難者全体の38.4%)なこと、全体の6割を全壊・大規模半壊世帯が占めており、居宅の被災程度が重篤な被災者の避難所滞在率が多いことがわかった。また、そもそも災証明書を受け取っておらず、居宅の被災程度が確定できていない人が多数いることが明らかとなった。被災者の生活再建の歩を進めるためにも、早い段階での居宅の被災程度の確認ならびに災証明書発行が必要であることが明らかとなった。

避難生活から仮住まい生活への移行や復興の様子等を、社会素因による被災救援、地域社会に係る影響の観点から引き続き調査・分析し、今後の対応に活かすことが必要である。

(7) 深部静脈血栓症(エコノミークラス症候群)の発生状況と医療活動の調査

熊本地震においてエコノミークラス症候群の原因となる深部静脈血栓症(DVT)に対する組織的な活動が始まったのは、震災後5日目の4月19日からであった。日本循環器学会等が協力学会となって熊本地震血栓症予防プロジェクト(KEE Pproject)により、被害の大きかった益城町を中心に第一次スクリーニングで17日間、延べ65か所で2023名、第二次スクリーニングが23日間、延べ38か所372名に下肢超音波エコーがおこなわれた。一次スクリーニングでは2023名中185名(9.1%)にDVTを認めた。また、検診ではDVT予防の啓発活動、既往症や生活状況のアンケートも行われた。統計学的解析の結果、地震後眠剤使用、年齢(70歳以上)、下肢腫脹がDVTの危険因子であることが明らかになった。

熊本県庁のまとめによると入院を必要としたエコノミークラス症候群は51名でそのうち車中泊は42名であった。そのピークは本震の翌日である17日であり、その後、徐々に減少した。エコノミークラス症候群での入院数はKEE Pprojectの活動が開始される前にピークがありより早期に行われることが望まれる。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計4件)

Aizawa, K., H. Asaue, K. Koike, S. Takakura, M. Utsugi, H. Inoue, R. Yoshimura, K. Yamazaki, S. Komatsu, M. Uyeshima, T. Koyama, W. Kanda, et al., Seismicity controlled by resistivity structure: the 2016 Kumamoto earthquakes, Kyushu Island, Japan, *Earth Planets and Space*, 69, 1-10, 2017, 査読有, DOI:10.1186/s40623-016-0590-2.

Kobayashi, H., K. Koketsu, and H. Miyake, Rupture processes of the 2016 Kumamoto earthquake sequence: Causes for extreme ground motions, *Geophys. Res. Lett.* 44, 6002-6010, 2017, 査読有, DOI:10.1002/2017GL073857.

Goto, H., Tsutsumi, H., Toda, S., Kumahara, Y. Geomorphic features of surface ruptures associated with the 2016 Kumamoto earthquake in and around the downtown of Kumamoto City, and implications on triggered slip along active faults, *Earth, Planets and Space*, 69, 1-12, 2017, 査読有, DOI:10.1186/s40623-017-0603-9

Yamanaka, H., K. Chimoto, H. Miyake, S. Tsuno, and N. Yamada, Observation of earthquake ground motion due to aftershocks of the 2016 Kumamoto

earthquake in damaged areas, *Earth Planets and Space*, 68, 1-12, 2016. 査読有, DOI:10.1186/s40623-016-0574-2.

[学会発表](計5件)

Koketsu, K., H. Kobayashi, and H. Miyake, Various Modes of Rupture Directivity as Inferred from Joint Source Inversions and Ground Motion Simulations, 2017 Annual Meeting of Seismological Society of America, 2017.

Shimizu, H., Group for urgent joint seismic observation of the 2016 Kumamoto earthquakes, Complex seismicity and hypocenter distribution of the 2016 Kumamoto earthquakes, Kyushu, Japan, and their relation to the stress field and crustal structure, IAG- IASPEI 2017, J02-1-01, invited, 2017.

Goto, H., et al., Distribution of surface rupture associated the 2016 Kumamoto earthquake and its significance, American Geophysical Union Fall meeting 2016, invited, 2016.

中尾茂ほか、GNSSによる2016年熊本地震発生後の地殻変動観測、日本地球惑星科学連合2016年大会、2016年

熊原康博、後藤秀昭ほか、2016年熊本地震の地表地震断層の分布とその特徴、日本地球惑星科学連合2016年大会、2016年6. 研究組織

### (1) 研究代表者

清水 洋 (SHIMIZU, Hiroshi)  
九州大学・理学研究院・教授  
研究者番号: 50178985

### (2) 研究分担者

松本 聡 (MATSUMOTO, Satoshi)  
九州大学・理学研究院・准教授  
研究者番号: 40221593

酒井 慎一 (SAKAI, Shin'ichi)  
東京大学・地震研究所・准教授  
研究者番号: 00251455

岡田 知己 (OKADA, Tomomi)  
東北大学・理学研究科・准教授  
研究者番号: 30281968

渡辺 俊樹 (WATANABE, Toshiki)  
名古屋大学・環境学研究科・教授  
研究者番号: 50210935

飯尾 能久 (IIO, Yoshihisa)  
京都大学・防災研究所・教授  
研究者番号: 50159547

相澤 広記 (AIZAWA, Koki)  
九州大学・理学研究院・准教授

研究者番号：50526689

松島 健 (MATSUSHIMA, Takeshi)  
九州大学・理学研究院・准教授  
研究者番号：40222301

高橋 浩晃 (TAKAHASHI, Hiroaki)  
北海道大学・理学研究院・教授  
研究者番号：30301930

中尾 茂 (NAKAO, Shigeru)  
鹿児島大学・理工学域理学系・教授  
研究者番号：90237214

鈴木 康弘 (SUZUKI, Yasuhiro)  
名古屋大学・減災連携研究センター・教授  
研究者番号：70222065

後藤 秀昭 (GOTO, Hideaki)  
広島大学・文学研究科・准教授  
研究者番号：40323183

大倉 敬宏 (OHKURA, Takahiro)  
京都大学・理学研究科・教授  
研究者番号：40233077

山本 希 (YAMAMOTO, Mare)  
東北大学・理学研究科・准教授  
研究者番号：30400229

中道 治久 (NAKAMICHI, Haruhisa)  
京都大学・防災研究所・准教授  
研究者番号：00420373

山中 浩明 (YAMANAKA, Hiroaki)  
東京工業大学・環境・社会理工学院・教授  
研究者番号：00212291

神野 達夫 (KANNO, Tatsuo)  
九州大学・人間環境学研究院・教授  
研究者番号：80363026

三宅 弘恵 (MIYAKE, Hiroe)  
東京大学・大学院情報学環・学際情報学  
府・准教授  
研究者番号：90401265

瀧 一起 (KOUKETSU, Kazuki)  
東京大学・地震研究所・教授  
研究者番号：90134634

浅野 公之 (ASANO, Kimiyuki)  
京都大学・防災研究所・准教授  
研究者番号：80452324

松島 信一 (MATSUSHIMA, Shinichi)  
京都大学・防災研究所・教授  
研究者番号：30393565

福岡 浩 (FUKUOKA, Hiroshi)

新潟大学・災害・復興科学研究所・教授  
研究者番号：40252522

若井 明彦 (WAKAI, Akihiko)  
群馬大学・大学院理工学府・教授  
研究者番号：90292622

大井 昌弘 (OOI, Masahiro)  
国立研究開発法人防災科学技術研究所・社  
会防災システム研究部門・主任研究員  
研究者番号：50414397

田村 圭子 (TAMURA, Keiko)  
新潟大学・危機管理本部・教授  
研究者番号：20397524

木村 玲欧 (KIMURA, Reo)  
兵庫県立大学・環境人間学部・准教授  
研究者番号：00362301

井ノ口 宗成 (INOBUCHI, Munenari)  
静岡大学・情報学部・講師  
研究者番号：90509944

前原 喜彦 (MAEHARA, Yoshihiko)  
九州大学・医学研究院・教授  
研究者番号：80165662

赤星 朋比古 (AKAHOSHI, Tomohiko)  
九州大学・医学研究院・准教授  
研究者番号：20336019

### (3) 連携研究者

宇津木 充 (UTSUGI, Mitsuru)  
京都大学・大学院理学研究科・助教  
研究者番号：10372559

上嶋 誠 (UYESHIMA, Makoto)  
東京大学・地震研究所・准教授  
研究者番号：70242154

王 功輝 (WANG, Gonghui)  
京都大学・防災研究所・准教授  
研究者番号：50372553

ハザリカ ヘマンタ (HAZARIKA, Hemanta)  
九州大学・工学研究院・教授  
研究者番号：00311043

矢田 俊文 (YADA, Toshihumi)  
新潟大学・災害・復興科学研究所・教授  
研究者番号：40200521

高橋 和雄 (TAKAHASHI, Kazuo)  
長崎大学・名誉教授  
研究者番号：30039680