

平成 29 年 5 月 24 日現在

機関番号：30108

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26820232

研究課題名（和文）積雪地域の木造住宅における積雪期の大地震および豪雪による被害関数の構築

研究課題名（英文）Fragility curve for wooden houses built in snowy region by heavy snowfall and strong ground motion

研究代表者

千葉 隆弘 (Chiba, Takahiro)

北海道科学大学・工学部・教授

研究者番号：40423983

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、積雪地域の木造住宅における豪雪および大地震による被害関数を構築することを目的としている。まず、北海道で発生した雪下ろしによる人身事故の統計資料を整理し、人的被害リスクを明らかにした。次に、既存木造住宅から耐雪要素を整理し、雪荷重による木造住宅の損傷リスクを明らかにした。また、地震応答解析に基づいて木造住宅の被害関数を雪荷重ごとに推定し、2000年以降に建築された木造住宅においても屋根雪が存在する場合は震度5強程度でも被害が拡大することを明らかにした。

研究成果の概要（英文）： In this study, the author estimated fragility curve for wooden houses built in snowy region by heavy snowfall and strong ground motion. First, it was found the risk of human damage due to snow removal on roofs using statistic data for human damages in winter of Hokkaido. Next, it was found the damage risk of wooden houses affected by heavy snow load using drawings of existing wooden houses. In addition, the fragility curves of string ground motion during winter in each snow load were estimated by seismic response analysis. As the result, it was found that damage of wooden houses with roof snow was large even if seismic intensity 5 lower.

研究分野：建築構造

キーワード：被害関数 大地震 豪雪 木造住宅 積雪地域

1. 研究開始当初の背景

日本の各自治体では、地震災害、水害、および土砂災害などに関するハザードマップを作成し、自然災害時における避難計画の策定や隣接する自治体との連携体制の構築、さらには、住民に対する防災意識の向上などをはかってきた。こうした災害に対する備えは、2011年3月の東北地方太平洋沖地震以降、より注目されるようになった。しかし、2013年10月の伊豆大島で発生した豪雨による災害をみると、土砂災害に対する危険性を把握した上でハザードマップを作成していたにも関わらず、避難勧告が発令されなかったこともあり、多くの死者を出す結果となってしまった。このように、自然災害による被害想定や避難計画の策定には多くの課題が存在している。

一方、北海道は、内陸や太平洋沖を震源とする地震が頻発する地域であるとともに、冬期には多量の降積雪が見込まれる地域である。札幌市を例にみると、第3次地震被害想定を公表し、地震災害に対する取り組みが進められている。この地震被害想定をみると、冬期の場合、夏期に比べて被害が拡大することを指摘しており、地震と雪による複合災害の様相を呈することが想定されている。一方、建築物の地震被害は木造住宅を目安とするのが一般的であるが、その地震被害関数は1995年1月における兵庫県南部地震の被害状況から推定されたものを用いており、北海道の木造住宅における耐震性の実態が反映されていない。さらに、冬期においては、屋根雪の重さにより木造住宅に作用する地震力が大きくなるため揺れによる被害が拡大するが、具体的な屋根雪の深さは想定されていない。このように、北海道の木造住宅における耐震性の実態や地域で変化する降積雪状況を考慮した地震被害関数を構築し、それに基づいた被害想定を行うことが課題である。

また、豪雪による被害想定は、行われていないのが現状である。豪雪による災害は地震に比べて規模が小さく、過去の豪雪では避難を伴わなかったこともあり、社会的インパクトが小さい災害であるといえる。しかし、雪による人的・物的被害状況をみると、大きな被害が繰り返し発生している。人的被害の内訳をみると、屋根の雪下ろし中の事故や落雪による事故が全体の60~70%を占めており、さらに、事故の遭遇した方々の年齢は大半が65歳以上の高齢者であることがわかっている。また、死者については、少なからず毎年確認されている。近年、高齢化が急速に進行しており、北海道内においても高齢化率が40%を超える地域が幾つか存在するようになってきた。このような状況をみると、過去の豪雪被害と様相が異なっていることが推察される。従って、近年の豪雪による災害の発生要因を分析し、人的・物的被害関数に基づいた被害想定を行うことによって、豪雪によ

る災害対策を推進することが積雪寒冷地に属する自治体の大きな課題である。

2. 研究の目的

本研究では、北海道における積雪期の自然災害による木造住宅の被害に着目し、大地震および豪雪による外乱強度と木造住宅の被害率との関係で表される被害関数を構築することによって、災害対策を推進させるための知見を得ることを目的としている。

3. 研究の方法

本研究では、以下の3つについて研究を行った。

- 1) 北海道における雪下ろし等による人的被害関数の構築
- 2) 北海道の木造住宅における雪荷重による被害関数の構築
- 3) 北海道の木造住宅における積雪期の地震による被害関数の構築

北海道における雪下ろし等による人的被害関数の構築については、2006~2013寒候年における北海道で発生した雪による人身事故の統計資料と気象データに基づいて検討した。振興局管内ごとに各寒候年の死傷率と年最大積雪深および累積降雪量の平年値との関係に対数正規分布の累積分布関数を当てはめ、人的被害関数を導いた。

北海道の木造住宅における雪荷重による被害関数の構築については、北海道における98棟の既存在来軸組構法住宅の図面を用い、耐雪性能に関わる小屋梁および垂木の断面寸法やスパンを抽出し、これらの部材が損傷する屋根上積雪深(以下、損傷積雪深という。)と損傷率との関係で表される被害関数を導いた。

積雪期の地震による被害関数の構築については、前述における98棟の在来軸組構法住宅の図面から耐震要素を抽出し、各住宅の復元力特性を設定した。また、各住宅の床面積を用いて各階の重量を推定した。次に、規模の異なる設計用地震動を作成し、雪荷重ごとに弾塑性地震応答解析を行った。各住宅の安全限界変形角を1/20rad.とし、地震動ごとに倒壊率を算定した。地震動の規模と倒壊率との関係に対数正規分布の累積分布関数を当てはめ、雪荷重ごとに地震被害関数を導いた。

4. 研究成果

4.1 雪による人的被害関数

各振興局管内における年最大積雪深の平年比と死傷者数(10万人当たり)との関係を図1に示す。図のように、いずれの振興局管内においても対数正規分布の累積分布関数が比較的適合している。このような人的被害関数を各振興局管内で比較した結果を図2に示す。図のように、空知振興局や後志振興局の被害拡大状況が顕著である一方で、石狩振

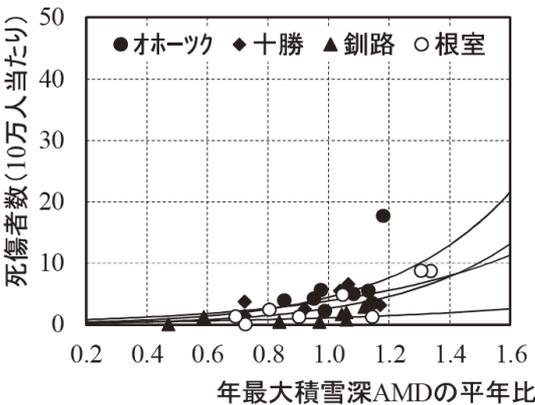
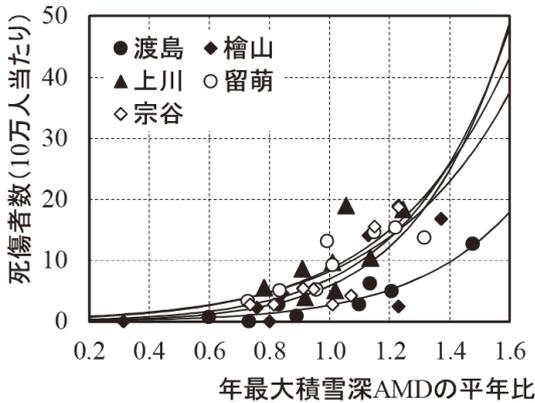
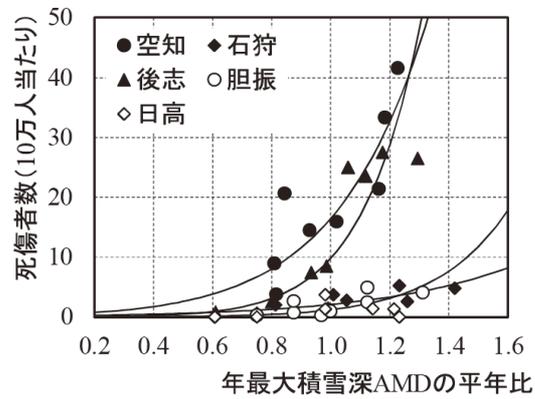


図1 各振興局管内の人的被害関数

興局管内の雪による人的リスクは低い。次に、年最大積雪深または累積降雪量の再現期間と死傷者数（10万人当たり）との関係を図3に示す。図のように、空知振興局、後志振興局、および檜山振興局管内をみると、再現期間が10年に満たない降積雪状況においても死傷者数が増加する傾向を示す。このように、北海道で発生している雪による人的被害状況をみると、極めて脆弱であることがわかる。ここで、高齢化率と死傷者数（10万人当たり）との関係を図4に示す。図のように、高齢化率の増加に伴い死傷者数が増加する関係を示し、降積雪の再現期間が長いほど被害が拡大する関係がみられる。このように、雪による人的被害は、高齢化率が大きく影響を及ぼしており、その被害の拡大状況を定量的に示すことができた。

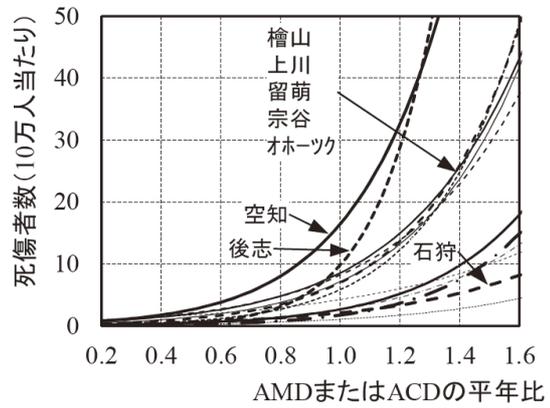


図2 人的被害関数の比較

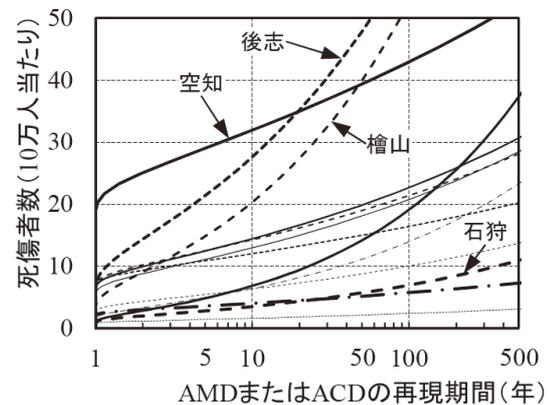


図3 再現期間と死傷者数との関係

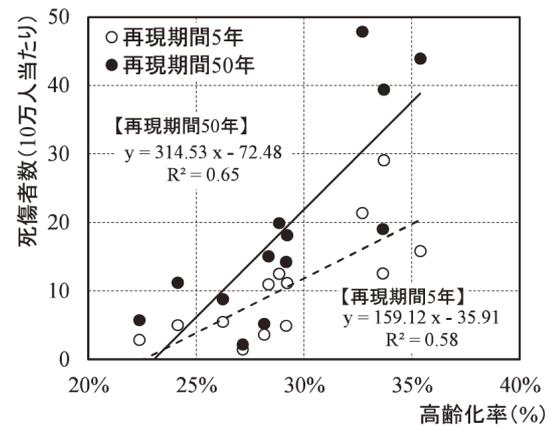


図4 高齢化率と死傷者数との関係

4.2 雪荷重による木造住宅の被害関数

本研究では、北海道に建築された在来軸組構法住宅の図面から小屋梁および垂木の断面やスパンを抽出し、雪荷重による木造住宅の被害関数構築を試みた。対象とした住宅の棟数は98であり、図面が収集した住宅の各種仕様は、図5に示す通りである。

本研究では、図6に示すように、木材の基準強度を正規分布の乱数で生成し、各住宅の部材に割り当ててから損傷積雪深を算定した。これら算定した損傷積雪深は、大きい順

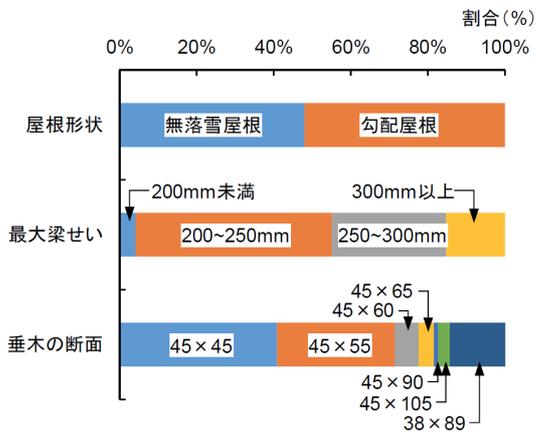


図5 対象とした住宅の各仕様

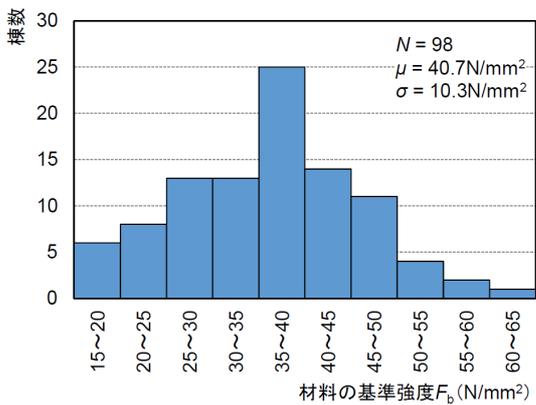


図6 木材の基準強度

に並べ替えたのちに Hazen プロットに基づいて累積確率を算定し、損傷積雪深と累積確率との関係に累積分布関数を当てはめ、被害関数を導いた。ここで、小屋梁、垂木、および雪庇が 30cm 迫り出した軒の状態における垂木の被害関数を図 7 に示す。図のように、いずれの部材・状態においても、損傷積雪深と累積確率との関係に適合する累積分布関数は、対数正規分布であった。小屋梁の被害関数をみると、損傷積雪深が 1.0m を超えると損傷確率が急増する傾向を示し、各住宅の設計積雪深が 1.0m 近傍であることがわかる。次に、垂木の被害関数をみると、小屋梁に比べて損傷確率が増加する損傷積雪深が小さくなり、雪庇が形成された軒の損傷確率は、雪庇がない場合に比べて大きくなる。このように、北海道の木造住宅は、小屋梁に比べて垂木の損傷リスクが高く、そのリスクは雪庇の形成に伴って急増することがわかる。

4.3 積雪期の地震による被害関数

本研究では、北海道に建築された既存在来軸組構法住宅の図面を用い、耐震診断を行うとともに、地震応答解析に基づき地震被害関数の構築を試みた。

耐震診断は、積雪なしとあり、および建築年が 1999 年以前と 2000 年以降に分けて行っ

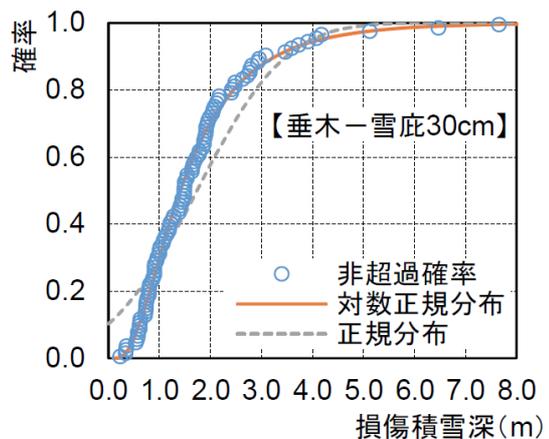
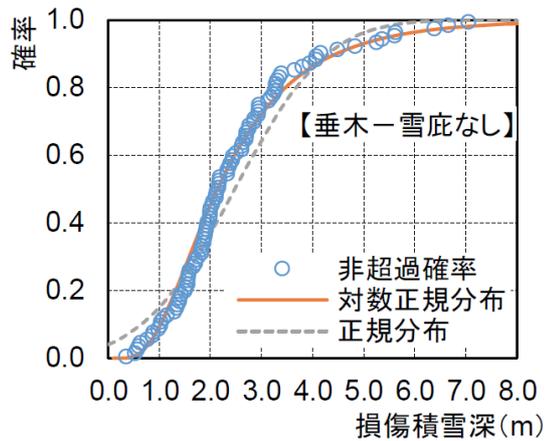
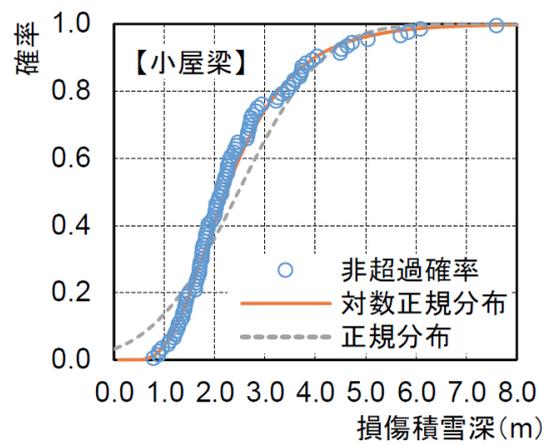


図7 各部材の雪荷重による被害関数

た。その結果を図 8 および図 9 に示す。図のように、1999 年以前の場合をみると、積雪なしにおける評点の平均値が 1.12、積雪ありにおける評点の平均値が 1.00 であり、雪荷重による評点の低下は小さい状況であった。これに対し、2000 年以降の場合をみると、積雪なしにおける評点の平均値が 2.42、積雪ありにおける評点の平均値が 1.65 であり、積雪ありの場合においても十分な評点を維持できているものの、積雪なしからの評点の低下は大きい。

このような住宅を対象に、地震応答解析に

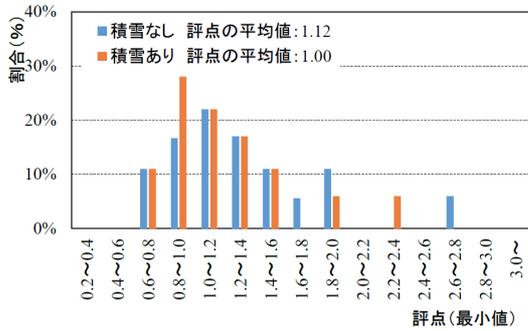


図8 耐震診断の結果(1999年以前)

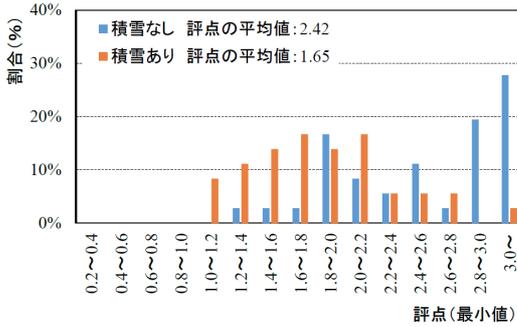


図9 耐震診断の結果(2000年以降)

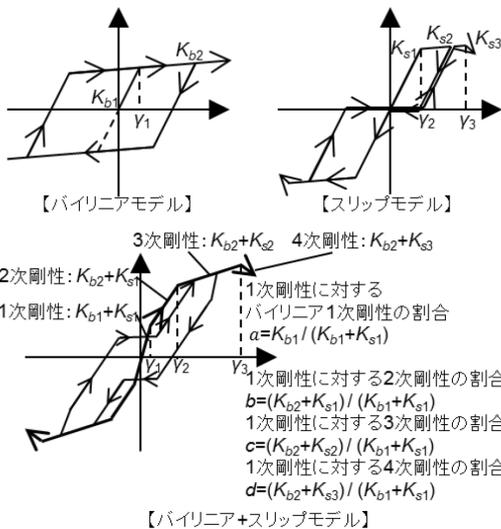


図10 設定した復元力特性

基づいて地震被害関数を導いた。解析に用いた地震動は、波形合成法による模擬地震動であり、計測震度が3.5~6.5の規模の異なる10波を用いた。また、各住宅の復元力特性は、図10に示すように、バイリニア+スリップ型とした。各住宅の安全限界変形角を1/20rad.とし、各地震動で得られた安全限界を超える割合を用いて被害関数を導いた。その結果を図11に示す。図のように、1999年以前の場合におけるsd-0.0mをみると、兵庫県南部地震で得られた既往の被害関数と近似している。これに対し、sd-0.5mの場合をみると、被害が急増する傾向を示し、雪荷重が住宅の被害に及ぼす影響が大きいことがわかる。次に、2000年以降の場合をみると、

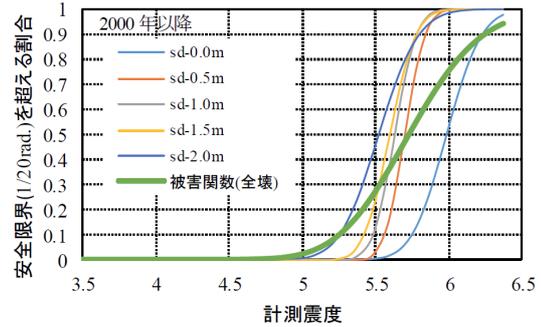
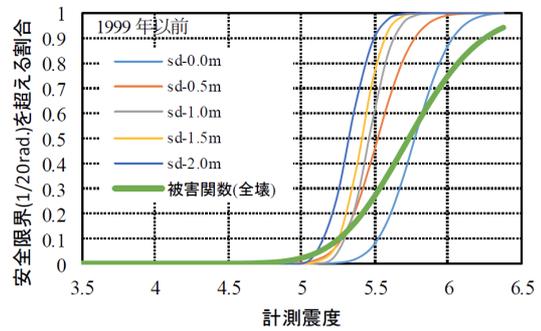


図11 導いた地震被害関数

sd-0.0mでは、既往の被害関数に比べて被害が小さくなっており、近年建築される住宅の耐震性能が高くなっていることがわかる。しかし、sd-0.5m以上の場合をみると、被害が急増する傾向を示し、計測震度が5.5程度の場合においても被害が生じることになる。このように、雪荷重増加に伴う地震力増加の影響が極めて大きいことが明らかとなった。

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2件)

千葉隆弘, 苫米地司, 高橋徹, 堤拓哉: 北海道で発生した雪による人身事故と雪害対策に関する研究 - 大雪時における除雪状況の実態と人的被害関数に基づく雪害対応能力の分析 -, 日本建築学会構造系論文集, 査読有, Vol. 80, No. 708, pp. 197-206, 2015.2

千葉隆弘, 堤拓哉, 高橋徹, 苫米地司: 北海道における在来軸組構法住宅の耐雪性能に関する研究 - 小屋梁および垂木の損傷リスクについて -, 北海道科学大学研究紀要, 査読有, Vol. 39, pp. 51-56, 2015.3

〔学会発表〕(計5件)

千葉隆弘, 堤拓哉, 高橋徹, 阿部佑平, 苫米地司: 在来軸組構法住宅の耐雪性能に関する研究 - 札幌市の住宅を対象とした雪荷重に対する損傷・倒壊リスクについて, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道), B-1, pp. 57-58, 2013.8

4) 千葉隆弘, 堤拓哉, 高橋徹, 苫米地司, 草苅敏夫, 田沼吉伸, 串山繁, 本間

裕二,前田憲太郎:北海道における在来軸組構法住宅の耐雪性能に関する研究 - 雪荷重に対する小屋梁および垂木の損傷リスクについて,日本建築学会北海道支部研究報告集, No.87, pp.139-142, 2014.6

5) 千葉隆弘, 苫米地司, 堤拓哉, 高橋徹: 在来軸組構法住宅の耐雪性能に関する研究, 北海道の雪氷, No.33, pp.109-112, 2014.9

吉田奈未, 千葉隆弘, 堤拓哉, 高橋徹, 中村友紀子, 中江百花: 中越地方多雪地域における既存木造住宅群の耐雪性能評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), B-1, pp.93-94, 2015.9

堤拓哉, 千葉隆弘, 高橋徹: 被害関数を用いた大雪による空き家の損傷棟数の試算, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), B-1, pp.99-100, 2016.8

〔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〕

ホームページ等

<http://www.hus.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

千葉 隆弘 (CHIBA, Takahiro)

北海道科学大学工学部・教授

研究者番号: 40423983