

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 24 日現在

機関番号：13904

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25282016

研究課題名(和文)高齢者の健康で安全な生活のための居住環境と住まい方に関する基礎的・実践的研究

研究課題名(英文)The fundamental and practical research to make healthy and safety living environment for elderly people

研究代表者

都築 和代(Tsuzuki, Kazuyo)

豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：70222221

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,900,000円

研究成果の概要(和文)：睡眠と就寝中の血圧の関係、寝室の照度・温度が睡眠効率に及ぼす影響を検討した。冬季の寝室は10℃近傍と低温であったが、睡眠効率・血圧ともに他の季節との違いは無かった。寝具の使用によって体温が適切に保持されたためと考えられた。高温になるほど夏季が他の季節に比べ、睡眠効率が低下することを明らかにした。また、就寝中の照度が高くなるほど睡眠効率が低下する傾向があることを明らかにした。屋外の日射環境で軽運動した後の27℃の冷房の影響を実験的に若年者と高齢者と比較した。日向で運動後に27℃で休憩しても高齢者の皮膚温や心拍数は十分低下しなかった。冷房環境として27℃は不適切である可能性を示唆していた。

研究成果の概要(英文)：The relations between sleep parameters and blood pressure(BP) during sleep, and among sleep parameters, air temperature(Ta) and lighting intensity were investigated. The Ta was less than 10℃ in the bedroom of the winter, however, no significant differences were found in the sleep efficient index (SEI) and BP the four seasons. One of the reasons was thought to be that body temperature was kept warmer due to the microclimate present by the use of bedding in the cold season. Rather higher Ta showed lower SEI in the summer. Moreover, higher lighting intensity during the sleeping period showed lower SEI. The effect of air-conditioning at 27℃ was compared between elderly and young participants. After lightly exercising whilst exposed to sunshine, the skin temperature and heart rate of the elderly participants did not fully decrease back to their resting levels before exercise. This result suggests that 27℃ was insufficient for the elderly people in the air-conditioned living room.

研究分野：建築環境工学

キーワード：高齢者 血圧 睡眠 冷房 室温 照度 日射 相対的運動強度

1. 研究開始当初の背景

日本の住宅においては、季節の屋外気候に応じて室内温熱環境が形成されている。その環境に順化しながら、暖房や冷房を使用して人は生活している。

これまで睡眠温熱環境が人体に及ぼす影響に関しては、高温環境での睡眠は、体動が増え、REM睡眠・深睡眠が減り、浅睡眠が増えるなどの現象とともに、深部体温の低下が鈍り、発汗量が増えることを示した

(Tsuzuki et al., 2004)。特に、高齢者において高温環境が睡眠を悪化させる影響があることを示している (Okamoto-Mizuno et al., 2005)。これらの実験結果は、実生活場面における睡眠環境の実態調査において、四季にわたってアクチグラフを使って睡眠と周囲温熱環境との関係を調べた場合についても、夏季に睡眠時間が短くなり、かつ、睡眠効率が低下していることが明らかになった (Okamoto-Mizuno & Tsuzuki, 2010; Tsuzuki et al., 2015) 知見と一致している。

一方、冬季の実生活場面においては、無断房な低温環境で布団を羽毛等の厚いものに種類を変え、枚数を増やし、あるいは電気毛布を使用するなどして就寝している。人工気候室を使っての睡眠実験において気温 3、10、17 で約 6clo の寝具を使った場合について青年男性を被験者として睡眠や体温調節反応を比較した。その結果、入眠潜時、睡眠段階の割合や睡眠効率については温度による有意な差は認めなかった (Tsuzuki et al., 2003)。しかし、体温調節反応や心電図 r-r の解析においては低温になるほど、深部体温が有意に低下し (Tsuzuki et al., 2003)、副交感神経活動が有意になった (Okamoto-Mizuno et al., 2009)。この理由としては、寝具に覆われている頭部以外の皮膚温には差が認められなかったことによると考えられた。つまり、頭部が環境にさらされ、冷たい空気を呼吸しているためと考えられた。このことは、青年被験者は優れた体温調節能力を持っているため、体温調節を介して睡眠が阻害されなかったとも、頭部以外が十分保温されていれば睡眠には悪影響が無い可能性があるとも考えられた。また、青年は夜間にトイレに行く習慣がないため特段の問題はないが、高齢者については更なる検討が必要であると考えられた。

東日本大震災以降、節電要請により夏季の冷房温度を 28 に設定することが推奨された。当初オフィスビルにおける節電要請であったが、その後、一般家庭においても夏季の電力需要のピークカットを目指し、28 が推奨されている。過度な冷房を減らすことは省エネルギーだけでなく、健康面からも推奨されると考えられるが、体温調節が劣った高齢者が冷房を使わなくなることが懸念され、近年の異常気象や都市の温暖化現象により、熱中症になる懸念が増すと推察される。そこで、屋外で適度な活動後の冷房環境を検討し、

その際に冷房温度が生理反応に及ぼす影響について、高齢者の場合を検討する必要があると考えられる。

2. 研究の目的

高齢社会において健康生活を維持するために、高齢者の健康と居住環境における暖房のあり方についての研究を実施する。

冬季の室温が高齢者の血圧変動に及ぼす影響に関しては、高橋らが、実測調査を実施し、日中低温環境で生活する高齢者ほど収縮期血圧が高くなっていることを見出した (小川ほか, 2011)。しかし、睡眠中については、影響を認めず、室温の低温群も高温群も血圧に有意な差を認めなかった。そこで、本研究では、高齢者の日常生活中に連続自動血圧計を使って血圧を測定するとともに、アクチグラフを使った睡眠測定、高齢者の自宅での温熱環境測定を実施し、高齢者の睡眠と血圧に及ぼす季節の影響、温熱環境の影響について検討する。

夏季の冷房については、自分で室温選択した場合、高齢者の選択温度は 27 が好まれたと報告されている (佐々ほか, 2010)。また、この温度に関して青年被験者についての研究結果と同様である (佐々ほか, 2000)。これまでの冷房実験は定常状態の椅子座安静状態で実施されていることが多い。しかし、日常生活ではじっとしていることは少ないため、今回の実験では屋外環境と室内を行き来し、その際、屋外ではウォーキングを模擬した踏み台昇降の軽運動を負荷した。また、屋外では直達日射の有る日向は日陰に比べて約 6 の気温上昇に相当する生理反応を青年女子の被験者について報告している (都築ほか, 2009)。そのため高齢者についても同様の影響が観察されるのかを確認する必要がある。そこで、屋外の日向か日陰の軽運動と、その後の冷房空間での滞在を高齢者と若年者で実施し、体温調節への影響を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 季節における温度と血圧の関係を調べるための実生活場面における実験

被験者には高齢者男女で計 20 名とする。季節間の比較と周囲温度が血圧に及ぼす影響を調べるために、春、夏、秋、冬の四季に各 1 週間ずつ、寝室、居間、トイレの温湿度計を留め置く。その間の 1 日について、25 時間の連続血圧計測 (基本 30 分間隔、睡眠前から起床までは 1 時間間隔) を実施する。加えて、アクチグラフによる睡眠計測と生活行動記録を実施する。起床後、正午、夕方 6 時、就寝前に温冷感・快適感などの主観申告、生活行動や冷暖房の使用状況などのアンケート調査、就寝前後には、眠気・睡眠感や温冷感、快適感などのアンケート調査を実施する。

(2) 冷房温度が高齢者と若年者の体温調節

に及ぼす影響

実験は、運動（15分）- 休憩（15分）- 運動（15分）- 休憩（15分）- 運動（15分）を一連として実施した。休憩は、エアコンで27に設定した室内に移動し、体重測定後に椅子座で自由に飲水し、安静を取らせた。運動は、屋外において直達日射が当たる日向、および、テントで直達日射を遮った日陰で、日常生活を模擬し、高さ15cmの1段の踏み台を20回/分のペースで昇降する。原則として若年者2人、高齢者2人の4人が同時に実施し、日向と日陰で若年者と高齢者がペアになって運動を実施した。日射による影響を見るため、日射が最も強くなる南中時刻（11:45ごろ）を挟み、11:00~12:15を基本として実施した。実験協力者の皮膚表面にサーミスタセンサをサージカルテープで貼付し、温度ロガで皮膚温を連続計測・記録した。皮膚温の計測部位は6部位（下腿、大腿、手、前腕、胸、前頭）とし、各部位の表面積に応じて重み付して平均皮膚温を算出した。発汗量は精密体重計により運動の前後で体重を測定し、体重減少量として算出した。深部体温は直腸温と耳内温とし、直腸温測定はサーミスタセンサに使い捨てのゴムカバーをつけて肛門から12cmの位置に留め置き、温度ロガで連続計測・記録した。心拍数は胸部3点誘導にて連続測定した。主観申告は、温冷感、快適感、運動強度等について受けた。

（3）高齢者の睡眠と寝室環境との関係

アクチグラフから算出した睡眠変数と寝室の温度や照度との関係を高齢者について検討した。

4. 研究成果

（1）季節における温度と血圧の関係を調べるための実生活場面における調査実験

寝室の気温は外気温にほぼ比例するが、夏は外気温が25の時、寝室は28で外気温よりも高くなり（図1）、冬に外気温5近傍では寝室温度は12で、寝具を増やすなどの対応が観察された。冬のトイレは10以下であり、低温であることが確認された。湿度に関しては、寝室は相対湿度55~70%と季節による差はないが、絶対湿度は夏が有意に最も高かった。

アクチグラフの活動量計測により、睡眠変数を算出し（表1）季節について比較した。先行研究（Okamoto-Mizuno & Tsuzuki, 2010; Tsuzuki et al., 2015）の結果とは異なり、季節による明確な違いは観察されなかった。睡眠ブロックの平均時間が8月は10月の半分程度になっいることが観察された。8月にブロック中の平均時間が短くなっているのは、高温による影響と推察される。性別で検討すると、季節による睡眠変数への影響については統計的に有意な差を認めなかったが、睡眠中の身体活動量が男性の方が多く、女性よりも覚醒時間が長く、睡眠効率が低く

なる傾向が観察されたことから、男性では女性よりも睡眠が劣化していると考えられた。

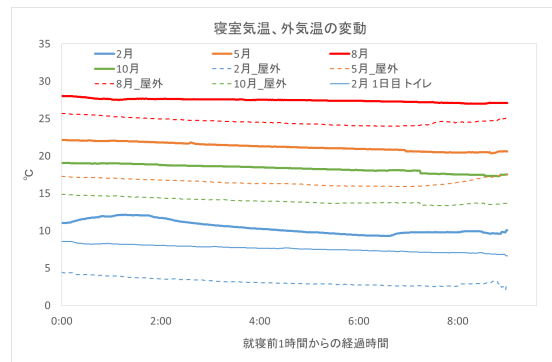


図1 季節の就寝中の寝室気温と外気温

表1 睡眠変数への季節の影響

	2月	5月	8月	10月
測定時間帯の開始時刻	22:51:03 (1:11:58)	22:21:19 (0:50:17)	22:51:41 (0:49:15)	22:32:22 (0:52:18)
測定時間帯の終了時刻	6:32:54 (0:58:09)	6:27:51 (0:58:54)	6:18:47 (0:37:38)	6:20:41 (0:48:46)
測定時間帯の長さ	459.7 (86.2)	487.5 (50.5)	448.1 (43.7)	469.3 (52)
入眠潜時(分)	12.9 (25.7)	7.3 (3.8)	11.1 (13.6)	5.8 (3)
身体活動数の平均値	13.6 (14.2)	11.2 (6)	12.9 (5.1)	9.7 (5.5)
睡眠時間(睡眠+浅睡眠)	423.8 (83.2)	458.6 (51.1)	412.2 (46.6)	446.1 (50.8)
覚醒時間	35.8 (56.1)	28.9 (16.3)	35.9 (21.7)	23.3 (19.8)
睡眠効率	92.7 (9.5)	94 (3.5)	92 (4.9)	95.1 (4.3)
睡眠ブロックの平均値(分)	106.6 (97.5)	131.8 (111.6)	89.7 (90.1)	160.9 (137.7)
5分以上の睡眠ブロック数	4.9 (2.4)	4.2 (2.4)	5.7 (3.7)	4.1 (2.4)

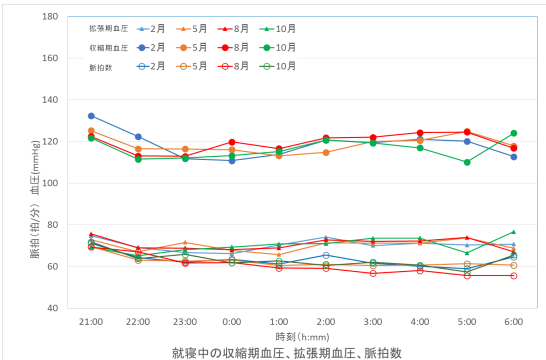


図2 季節による就寝中の収縮期血圧、拡張期血圧、心拍数の変化

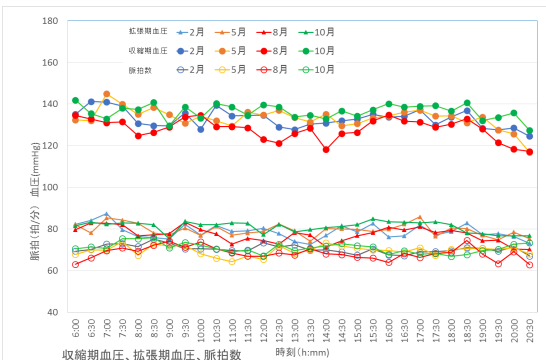


図3 季節による日中の収縮期血圧、拡張期血圧、心拍数の変化

就寝中の血圧に関しては（図2）季節による差は認められず、性別による差も明確ではなかった。トイレへ起きたタイミングでの血圧には上昇が観察された。今後さらに、詳細な検討が必要であると考えられる。

(2) 冷房温度が高齢者と若年者の体温調節に及ぼす影響

屋外環境は、気温 36、相対湿度 70%、風速 1m/s、日射量は日向で 900W/m²、日陰で 250W/m²、室内は 27 であった。

平均皮膚温は、運動前の安静では高齢者が 33.5、若年者が 34.5 と高齢者の方が約 1 低くなった。運動開始とともに皮膚温は上昇し、1 回目の運動での立ち上がりは、高齢者に比べ若年者の方が大きい傾向にあったが、2 回目以降、年齢差は無いが、皮膚温の立ち上がりは段々と小さくなった。日向と日陰では、平均皮膚温で約 1 日向の方が高くなった。冷房で観察された皮膚温低下は日向の高齢者条件で他の条件よりも小さく、平均皮膚温は高く保たれた(図 4)。

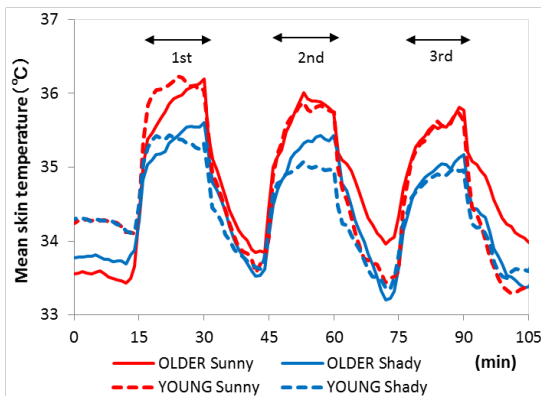


図 4 平均皮膚温の変化

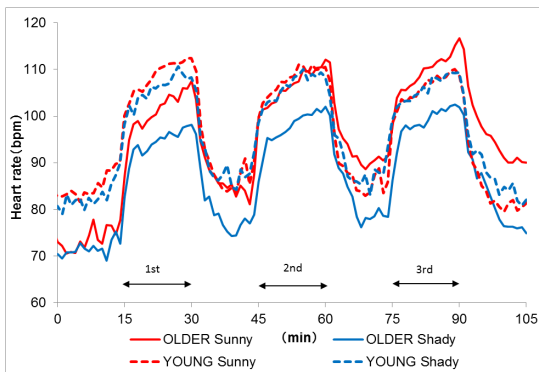


図 5 心拍数の変化

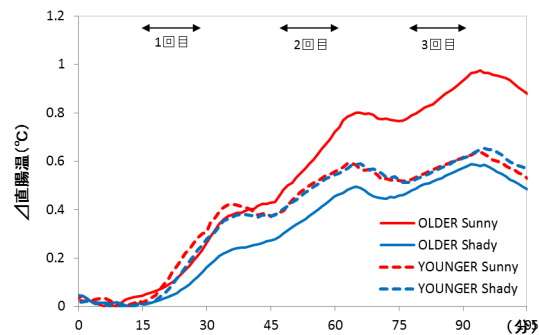


図 6 直腸温の変化度

心拍数は運動前の安静で高齢者約 70 拍/

分、若年者 80 拍/分で、約 10 拍高齢者の方が低かった。運動中の上昇は両グループとも約 30 拍/分であった。日向での運動中に高齢者の心拍数が高くなる傾向があり、1 回目の運動後の冷房においての低下が若年者や日陰に比べて小さかった。また、2 回目・3 回目と運動による直腸温上昇後の冷房安静時においては、高齢者日向条件で心拍数の低下度が小さくなった(図 5)。

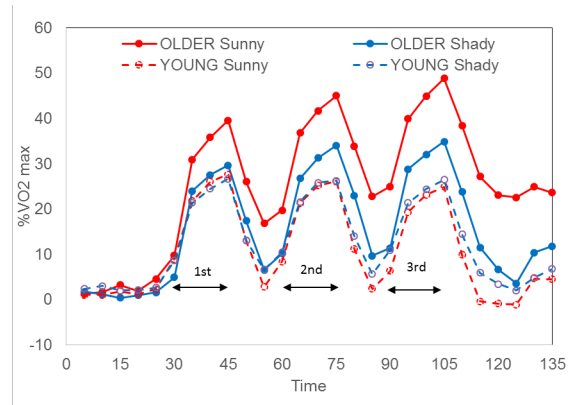


図 7 相対的運動強度の変化

図 6 に運動時の直腸温の変化を示す。直腸温は運動により上昇し、安静で若干低下を両グループともに繰り返した。高齢者の日向の場合、1 回目の休憩で低下せず、やや上昇して、2 回目の日向では高齢者の直腸温の上昇勾配が大きくなった。両グループとも 3 回の運動を追えるまで、38 を超えることは無かった。日向での高齢者の直腸温上昇度が著しく、高齢者の日陰よりも有意な上昇度を示した。3 回目は高齢者の日陰が若年者の日向・日陰よりも有意に大きい直腸温上昇を認めた。

図 7 に相対的運動負荷を示す。絶対的運動強度は、踏み台高さ、昇降速度と体重により決まる。高齢者と若年者の体重については 63.9 (SD 5.7) kg と 62.2 (SD 6.3) kg で有意な差は無かったため、絶対的運動強度はほぼ同等と考えられる。そこで、年齢から最大心拍数を予測した (Gellish, 2007)。次に実際の心拍数との関係から、最大心拍数に対してどれだけの運動強度になるか (相対的運動負荷) を個人について算出した。その結果、若年者では日向・日陰ともに 30% 程度であったが、高齢者の日陰では 1 回目 30%、2・3 回目は 35% であった。高齢者の日向では 40%、45%、50% と回を増す毎に負荷が増えていた。このことから、絶対的な運動強度は同じであっても、高齢者の場合には、日向では直達日射の影響を受けて、相対的に大きな負荷になっていると考えられた。

27 の休憩では、高齢者の日向条件で観察された皮膚温や直腸温の上昇が元の安静状態に戻ることはなく、日陰条件や若年者に比べて、高齢者では特に緩慢な変化を示したため、27 の冷房は、暑熱環境での運動後の回

復条件としては不十分であることが示唆された。

(3) 高齢者の睡眠と寝室環境との関係
アクチグラフから算出した睡眠変数のうち睡眠効率と高齢者の周囲気温(図8)、就寝中の照度(図9)との関係を検討した。

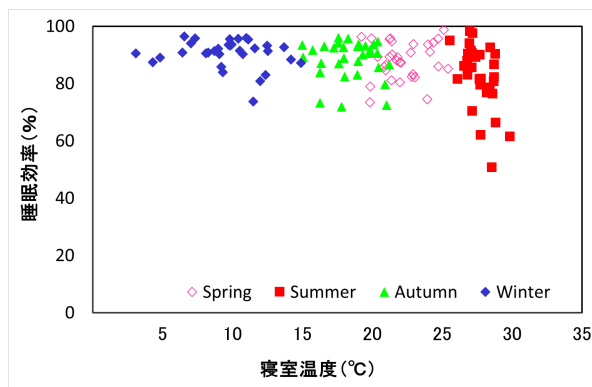


図8 寝室温度と高齢者の睡眠効率との関係

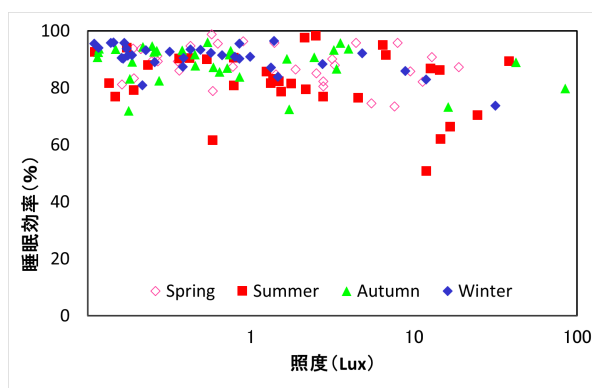


図9 就寝中の照度と高齢者の睡眠効率との関係

周囲気温(図8)は季節による寝室温度に明確な違いが認められる。また、各季節において高温になるほど睡眠効率の低下が認められ、特に夏季には80%以下の値も観察された。照度(図9)と睡眠効率との関係に関しては、季節を問わず、照度が高くなるほど睡眠効率が低下する傾向が認められた。特に夏季に照度が高くなり睡眠効率の低下が顕著であった。寝室での高温と高照度が夏季の睡眠効率を低下させていると考えられた。

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4件)

Naomi MORITO, Kazuyo TSUZUKI, Ikue MORI, Hajime NISHIMIYA, Effects of two kinds of air conditioner airflow on human sleep and thermoregulation, 査読有, 138, 2017, 490-498

Kazuyo Tsuzuki, Ikue Mori, Tomonori

Sakoi, Yoshika Kurokawa Effects of seasonal illumination and thermal environments on sleep in elderly men, Building and Environment, 査読有, 88, 2015, 82-88

森 郁恵、都築 和代、安岡 絢子、坂本雄三、高橋龍太郎、窓の断熱改修が住宅の温熱環境と高齢者の生活および健康に及ぼす影響に関する研究、日本建築学会環境系論文集、査読有、79、2014、1061-1069

都築和代、温熱環境と睡眠、日本生気象学会雑誌、査読無、2013、50(4)、125-134

[学会発表](計30件)

Effects of seasonal ambient temperature variation on sleep in older persons occupied in the nursing homes、都築和代、佐古井智紀、The Fifth International Conference on Human Environment System, 名古屋大学(愛知県・名古屋市), Oct. 29-Nov.3 (2016)

Effects of solar heat on the thermoregulatory responses of young and older men 2016、都築和代、三坂育成、成田健一、石丸泰、14th International Conference of Indoor air quality and climate, Ghent (Belgium), Jul.3-8 (2016)

四季における室内温熱環境が高齢者の睡眠中の血圧に及ぼす影響 2015、都築和代、森 郁恵、第54回日本生気象学会大会、中京大学(愛知県・名古屋市), Nov.5 -7 (2015)

Influence of season and thermal environment on sleep in the elderly 2015、都築和代、The 9 International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning (ISHVAC) and The 3 International Conference on Building Energy and Environment (COBEE), Tianjin (China) Jul.12 -16 (2015)

Effects of airflow from air conditioners on human thermoregulation during sleep 2014、都築和代、森戸直美、西宮肇、Indoor Air, 香港大学(中国香港) Jul.10 (2014)

Renovation of houses with well-insulated windows - effect on physical activity of the elderly 2014、森 郁恵、都築和代、Indoor Air, 香港大学(中国香港) Jul. 9 (2014)

[図書](計1件)

都築和代、三島和夫編、化学同人、睡眠科学: 最新の基礎研究から医療・社会への応用まで、2016年、226-238

6. 研究組織

(1) 研究代表者

都築 和代 (Tsuzuki Kazuyo)

(国立大学法人 豊橋技術科学大学 大

学院工学研究科 教授)
研究者番号：70222221

(2)研究分担者

高橋 龍太郎(Takahashi Ryutaro)
(地方独立行政法人東京都健康長寿医療センター(東京都健康長寿医療センター研究所)、副所長)

研究者番号：20150881

磯田 則生 (Isoda Norio)
(奈良女子大学、名誉教授)

研究者番号：60016871

森 郁恵 (Mori Ikue)
(国立研究開発法人産業技術総合研究所、人間情報研究部門、主任研究員)

研究者番号：90415753

坂本 雄三 (Sakamoto Yuzo)
(独立行政法人建築研究所、理事長)

研究者番号：30114490