

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 3 日現在

機関番号：35302

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22360258

研究課題名（和文） ワーカーの行動計測に基づくワークプレイスの評価の研究

研究課題名（英文） Evaluation of Work Place based on Measurement of Office Worker Behavior

研究代表者

宗本 順三（JUNZO MUNEMOTO）

岡山理科大学・工学部・教授

研究者番号：60219863

研究成果の概要（和文）：

まず、レイアウトの異なる実稼働しているワークプレイスで、ZPS を用いてオフィスワーカーの移動距離や行動範囲等の行動計測とストレス計測を行い、オフィスワーカーの計測方法を確立した。これらの得られた客観的な計測データを尺度として、ワークプレイスのレイアウトの評価を知的生産性の視点から行うことができることを示した研究である。

研究成果の概要（英文）：

After measurement of office workers' behavior, moving distance and range using ZPS and stress measurement of an office worker were performed, the office workers' measurement methods were established in the different layout type office which is real-working firstly. It is cleared that the layout of a workplace could be evaluated from the viewpoint of knowledge productivity by using these obtained measurement data in this research.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	8,400,000	2,520,000	10,920,000
2011 年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2012 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
総計	13,700,000	4,110,000	17,810,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学 都市計画・建築計画

キーワード：計画論

1. 研究開始当初の背景

日本では、工場の生産性は世界の最高水準にあるといわれているが、知的生産性は依然として先進諸国では低いといわれている。知的生産性を向上させることは、アジアの中国などのフォローイング諸国との競争や欧米諸国との競争に対処するためにも、またワーカーの負担を増やすことなく知的生産性を上げてゆく方法やそのための空間を創出することが国内・国際的視点からきわめて重要である。

現在まで、知的生産とワークプレイスの関連性や生産性の高いワークプレイスの計画の十分な知見が得られていないのが現状である。これまでの知的生産性とワークプレイスに関する研究の内外の状況は、環境工学分野では室内温度と生産性の主観評価の研究が国内外で為されている。しかしこれらは、事務所の温度設定の問題に限定されており、ワーカーの知的活動との関係には踏み込んでいない。また、経営学分野では、SECI モデルがワーカー

一の知的創造的行為のモデルとして知られているが、観念的なモデルで知的行為の実証性が困難と言える。

行動調査の研究事例では、一定間隔の画像を用いて事務所でのワーカーの行動を調査したもの、調査員を派遣して20人くらいの部署の観察調査したものなどが日本建築学会論文集や情報システムシンポジウムで報告されているが、部分的な行動分析であり、本格的なワークプレイスの知的生産性の把握には至っていない。昨年、機会を得て多くの海外の先進事例（ドイツ、英国、アメリカ）、研究機関、設計組織を訪問し、本研究の予備的調査と先方機関との交流をおこない情報収集を行ったが、DEGW とロンドン大学で本研究と同様のワーカーの行動を把握する試みが計画されている以外に事例はない。

本研究では、知的生産を支える空間を捉えるのに、3E(Efficiency, Effectiveness, Expressiveness)の視点からワークプレイスの計画を深化させることを特徴としている。このうちEfficiencyとは、生産性の効率であり、いわゆる生産性、作業性、効率性である。次にEffectivenessは生産性を上げるためにとるべき方法であり、空間計画、改善方法、空間戦略などをさし、ワークプレイスの改善に必要な項目であり、コミュニケーションが重要な役割を果す。Expressivenessは、上記のことを満たしたうえで、さらにブランディングなど、企業としてメッセージを強く発することにより、より優秀な人材を確保し、一層の知的生産性、安定性、発展性を成し遂げることを指す。

これらのワークプレイスの計画的な深化段階を前提にして、ワークプレイスが知的生産に果たす役割の位置づけを行い、ワークプレイスで行われている行動を調べて、コミュニケーション行動を活性化させるワークプレイスの指標を得る。次に、これらをワークプレイスの先進事例に当てはめて検証し、これらの計画的知見をワークプレイスの計画に反映することが本研究の目的である。

2. 研究の目的

ワーカーの知的行動を分類すると22種類あるといわれている。ワーカーの行動を評価するのに外的に行動計測する方法と、内的な主観評価による方法を用いる。本研究では、外的に行動を捉える方法では、22種類の行動をそれぞれ個別に評価するのではなく、ワークプレイスでの行動を連続した行動のシーケンスから行動パターンを捉える。これらの行動を捉えるのに、UWBを用いたRFIDセンサー、3D加速度計、高指向性マイクを用いて、ワークプレイスにおけるワーカーの行動を把握する。

この方法で、ワーカーが、いつ誰とどのような場所で活動しているかを、様々なレイアウトの事務所建築で調査をおこなう。この場合、ワーカーの活動は、自席のみならず移動空間、階段、休憩スペースなど建物全体で行われていると考える。次に、発話の有無と位置計測からインフォーマルなコミュニケーションが行われている場所を調べ、場所とワーカーのインフォーマルコミュニケーション行動の関係を捉える。同時に、簡単な調査シートにワーカーの内的な評価を書いてもらう方法で主観評価を調べる。このような調査をキュービクルと呼ばれる固定席のワークプレイスとフリーアドレスのワークプレイス、及び両者をミックスした典型的な事務所で行う調査をおこなう。

これらのワーカーの行動と調査と分析を通して、ワークプレイスの計画に反映する知見として、以下のものを得ることを目的とする。

- (1)ワーカーがいつ、どのような場所で（社内外、自席等）、誰と、どのようなワークをしているか、ワークスタイルとワークプレイスの関係を明らかにする。

- (2)建物内でインフォーマルコミュニケーションが行われている場所を明確に把握する。

- (3)ワーカーの生産性、快適性等の主観評価を得る。

- (4)ワーカーの行動と評価に関連する建築的指標を抽出して、その建築的指標を用いてワーカーの行動と知的生産性の関係を調べる

- (5)これらの指標を国内外の先進的事例に適用してワークプレイスの評価を行って、その有効性を検証する。（評価マトリックス）

これらの研究は、海外の研究機関と連携して、比較検討しながら進める。

これまでの日本でのワークプレイスでの生産性の研究は、SECIモデルなど観念的なものが多く、また、実践面ではフリーアドレスオフィスの効能を記したのものもあるが、これは事務所面積を減少させてコスト削減を図る効果を狙ったもので、これらの知的生産性の実体的な検証は弱いと現状ではいわざるを得ない。

この研究では、実際のオフィスにおいて、UWBを用いたRFIDセンサーネットワークを用いて30cm内外の位置誤差でワーカーの位置をリアルタイムで把握し、これらの軌跡と

図-1 人の位置情報に基づく行動、活動状態（インフォーマルコミュニケーション、作業の種類の特定、会話の有無、在席状況）の計測センサーネットワーク



3D 加速度から行動と場所を同定し、これらの行動のシークエンスから自席の作業や打合せ等の行動パターンと場所の関係を捉える（図-1）。同時に、ワーカーの発話の有無からインフォーマルコミュニケーションを把握する。これらのワーカーの行動計測に基づくエビデンスによって、知的生産行動を得るところにオリジナリティと先進性、有用性がある。次にこれらのワーカーの知的生産行動と空間（ワークスペース）の関係を捉え、知的生産行動とどのような空間的指標が関連しているのかを調べる。この方法で抽出した指標と上記3Eの指標を用いて国内外のワークプレイスの評価と位置づける建築計画研究を英国の研究チーム（DEGWを代表とする）と行うところに国際性と新規性がある。

3. 研究の方法

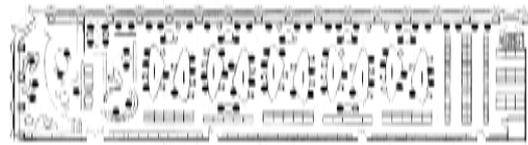
ワークプレイスでのワーカーの行動と同時にワークプレイスの空間指標の把握をおこなう。さらに主観評価法による評価実験をおこなう。知的生産性に関連の深い空間や要因を引きだし、ワークプレイスの評価と計画研究を行う。

(1) ワーカーのワークスタイルの調査

まず、ワーカーのワークスタイルの調査を行う。知的作業に従事するワーカーは、これまでのワーカーとは異なり、自席回りや社内での他部署、社外、自宅など様々な場所で仕事をしている。これまでの経験的な観察でも、大体在席率は50%ぐらいで、高度な作業をするし職階の高いワーカーほど、在席率が下ることが分かっている。本研究では2～4週間の位の期間を目処に調査を行う。調査内容は、ワーカーの社内／社外、自席廻り／他部署、自席作業／会議打合せ（社内・社外）、ソロワーク／チームワークなどである。スケジュール管理ソフトを用いてワーカーに記入してもらう方法で、4職種200人を調べる。

(2) 行動計測

ワーカーの単純作業から創造的作業まで行動を分類すると22種類あるといわれているオフィスワークの行動を計測・調査する。これらの22項目ごとに調査する方法ではなく、本研究ではワークプレイスの作業や行動を連続した行動として捉え、それらのシークエンスと時間変化から行動パターンを捉える。これらの行動を計測するのに、3D加速時計、UWBを用いたRFIDセンサーネットワークを用いて位置、時間、速度、加速度等から高度を同定し、ワークプレイスにおけるワーカーの行動を計測・調査する。同時に、高指向性マイクによって発話の有無を計測する。これによって、22種類と云われているワークと様々なコミュニケーション行動がどのような場所で、いつ誰とどのように行われているかを、タイプの異なる事務所で調査をおこなう。



調査事例（フリーアドレス）

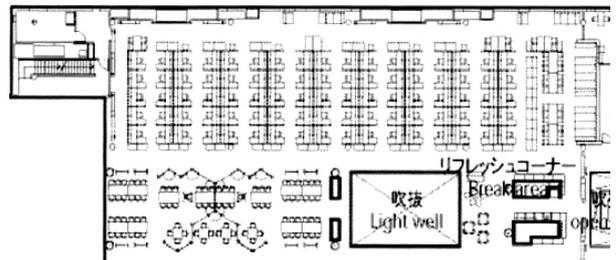


図-2 調査事例（固定席）

(3) インフォーマルコミュニケーションの調査

ソロワークだけでなく、チームワークを把握するために、インフォーマルなコミュニケーションに着目し、それらがどのような場所（自席廻り、休憩スペースなど）で行われているのかを位置・発話情報から調べ、場所とワーカーのインフォーマルコミュニケーション行動の関係を調べる。

4. 研究成果

(1) 研究経過

①22年度は、UWBセンサーネットワークを用いて、ワーカーの行動を詳細に調査する予定であったが、UWBセンサーネットワークの使用電波帯が携帯電話に移行されたので、予定していたUWBセンサーネットワークの使用不可能となり、ZPS（超音波位置計測システム）を使用してワーカーの行動調査を行うことに変更した。さらに、東日本大地震のために、3月の調査が不可能になり、5月16日（月）から5月27日（金）まで、フリーアドレスオフィスのワーカーの行動をZPSで詳細に調査し、同時に定点カメラによる撮影、調査員による席の占有状況の目視記録の調査を行なった。その結果、自席（朝最初の座った座席）からの行動範囲は、ほとんどが5m以内であり、1日の総移動距離は約700mであることなどが判明した。

2回目の調査として、23年7月19日～22日、同25～29日の計9日間、働き方のエクセル形式のアンケート、定点カメラによる撮影、調査員による席の占有状況の目視記録の調査を行なった。調査対象は上記の建設会社設計部のフリーアドレスオフィス、及び固定席オフィ

スである。その結果、固定席オフィスの方が、自席滞留時間の割合が少なく社内会議の比率が大きいことが分かった。その一方で、フリーアドレスオフィスの社内在席時間が少なく、社外での時間が長いことなどが分かった。詳細は、論文にて発表した。(論文⑧⑩⑫)

②23年度は、震災の影響により、22年度の調査が7月まで行われたので、それらの得られたデータの解析と論文への纏めの作業と平行して、実質的には9月からスタートとなった。23年度は、ワークプレイスの評価方法として、従来からのワーカーの行動計測に加えて、ワーカーの生理面から評価する方法として、ストレスを計測する方法を研究し、国内外の事例と実際のワークプレイスでの計測し易さから、 α -アミラーゼの活性化指標を用いることにした。

調査対象として、建設会社設計部のフリーアドレスオフィス、及び固定席オフィスとし、24年2月27日～3月2日、3月5日～9日の計10日間行った。ワーカーから1時間おきに唾液採取用チップで唾液を採取し、唾液アミラーゼモニターで計測した。同時に、簡単なアンケートで主観的なストレス状態、仕事の進捗状況を尋ねた。作業内容等は、調査員がその場で記録した。

その結果、フリーアドレスオフィスの方が課長職を除いて α -アミラーゼの活性値が固定席オフィスよりも高いことが分かった。課長職がフリーアドレスで低くなるのは、固定席オフィスよりもフリーアドレスオフィスの方が、管理やコミュニケーションの取りやすいことに原因があることが推測された。その一方で、フリーアドレスオフィスは主観的にもストレス度合や仕事の進捗度合も高い回答であった。これらの研究成果は現在建築学会大会梗概集で24年度発表した。(論文⑨⑩)

2月10日から20日まで国土交通省支援の知的生産性研究委員会のメンバーと共同で、インド、シンガポール、マレーシアの先進的事例の視察調査を行った。特にインドではIT企業、シンガポールでは都市開発において先進的オフィスが建設されつつあり、貴重な事例収集と情報交換が出来た。

③24年度は当研究の最終年度であるあるために、研究成果のまとめとともに、ZPSを用いて、昔からある典型的なレイアウトである島型配置のオフィスとキュービクルタイプのデザインオフィスで行動計測とストレス値の調査を行った。得られたこれらの様々なデータを比較することで、研究目的である行動計測に基づくオフィス評価の方法を調べた。

(2)得られた成果

ストレス調査では、同じ業務を行う固定席とフリーアドレスオフィスの調査結果の分析を行い、一般のワーカーのストレスは固定席よりフリーアドレスの方が高く、逆に管理職

のストレス値は、固定席の方がフリーアドレスオフィスより高くなった。さらに仕事のはかどり具合や主観的なストレスと α アミラーゼで計測されるストレス値との関係について詳細に分析して、ストレス値がワークプレイスの評価に重要な指標となることを明らかにした。つぎに、フリーアドレスオフィスのワーカーのZPSデータを分析して、移動距離、行動範囲を調べた。ワーカーの移動距離は、最大は463m/h、最小は3.9m/h、平均82.5m/hであった。行動範囲は、大半ワーカーが自席から6m以内の範囲で業務を行っていることが判明した。(論文①②)

古典的なレイアウトである島型のオフィスは、固定席で面積当たりの収容人数が多いコンパクトな効率的なレイアウトであるにもかかわらず、ワーカーの1時間あたり移動距離は平均236m/hとフリーアドレスオフィス(平均82.5m/h)の約3倍であることも追加調査で判明した。(学会発表①)ワークプレイスの評価に、仕事のはかどり具合や主観ストレスなどの主観的な評価法に加えて、行動計測にもとづくワーカーの移動距離、行動範囲の大きさ等の行動に基づく評価法とワーカーの α アミラーゼによるストレス値の評価法を加えることで、エビデンスに基づくワークプレイスの評価方法が確立できる目途が立った。(学会発表③～⑥⑬⑭)

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 22 件)

- ①後藤雅和, 宗本順三, 猪里孝司, 小林規矩也, 枇榔博史, 鳥本幸弘, 細川 航, フリーアドレスオフィスと固定席オフィスのワーカーの行動比較研究(その3エリアの相違とストレス), 日本建築学会支部研究報告集, 査読無, 2013, 36巻, 583-586
- ②鳥本幸弘, 宗本順三, 猪里孝司, 後藤雅和, 小林規矩也, 枇榔博史, 細川 航, フリーアドレスオフィスと固定席オフィスのワーカーの行動比較研究(その4作業内容のストレス), 日本建築学会支部研究報告集, 査読無, 2013, 36巻, 587-590
- ③枇榔博史, 宗本順三, 猪里孝司, 後藤雅和, 小林規矩也, 鳥本幸弘, 細川 航, ZPSを用いたフリーアドレス内での移動距離の分析(その2ワーカーの属性と移動距離), 日本建築学会支部研究報告集, 査読無, 2013, 36巻, 591-594
- ④細川 航, 宗本順三, 猪里孝司, 後藤雅和, 枇榔博史, 小林規矩也, 鳥本幸弘, ZPSを用いたフリーアドレス内での移動距離の分析(その3), 日本建築学会支部研究報告集, 査読無, 2013, 36巻, 595-598

- ⑤ 松下大輔, 宗本順三, 立岡優介, 仲 隆介, 張シン楠, 自己組織化マップによる業務行為パターン抽出—生活時間調査法によるワークワークスタイルの分析(その2), 日本建築学会計画系論文集, 査読有, 78巻, 2013, 345-353
- ⑥ Sri Nastiti N. Ekasiwi, Noor Hanita Abdul Majid, Shuichi Hokoi, Daisuke Oka, Nozomi Takagi and Tomoko Uno, Field Survey of Air Conditioner Temperature Settings in Hot, Humid Climates, Part 1: Questionnaire Results on Use of Air Conditioners in Houses During Sleep, J. of Asian Architecture and Building Engineering, 査読有, Vol.12, No.1, 2013, 141-148
- ⑦ Mochidome Takashi, Hokoi Shuichi, Ogura Daisuke, Takamura Masahiko, Suzuki Jun, Improvement of thermal environment and reduction of energy consumption for cooling and heating by retrofitting windows, Frontiers of Architectural Research, 査読有, Vol.2, 2013, 51-57
- ⑧ 小林規矩也, 宗本順三, 猪里孝司, 松下大輔, 後藤雅和, 枇榔博史, 中村宗樹, フリーアドレスと固定席オフィスにおけるワーカーの働き方の比較研究, 2012年度日本建築学会大会(東海)梗概集E1, 査読無, 2012, 719-720
- ⑨ 後藤雅和, 宗本順三, 猪里孝司, 小林規矩也, 鳥本幸弘, フリーアドレスと固定席オフィスのワーカーの行動比較研究(その1), 2012年度日本建築学会大会(東海)梗概集E1, 査読無, 2012, 721-722
- ⑩ 鳥本幸弘, 宗本順三, 猪里孝司, 小林規矩也, 後藤雅和, フリーアドレスと固定席オフィスのワーカーの行動比較研究(その2), 2012年度日本建築学会大会(東海)梗概集E1, 査読無, 2012, 723-724
- ⑪ 枇榔博史, 宗本順三, 猪里孝司, 後藤雅和, 小林規矩也, 鳥本幸弘, ZPSを用いたフリーアドレス内での移動距離の分析, 2012年度日本建築学会大会(東海)梗概集E1, 査読無, 2012, 725-726
- ⑫ 小林規矩也, 宗本順三, 猪里孝司, 後藤雅和, 枇榔博史, 鳥本幸弘, 細川 航, フリーアドレスと固定席オフィスにおけるワーカーの働き方の比較研究(その2), 2012年度日本建築学会大会(東海)梗概集E1, 査読無, 2012, 579-582
- ⑬ Yu Hibino, Shuichi Hokoi, Katsuaki Yoshida, Satoru Takada, Masanori Nakajima, Miho Yamate, Thermal physiological response to local heating and cooling during sleep, Frontiers of Architectural Research, 査読有, Vol.1, 2012, 51-57
- ⑭ Tomoko Uno, Shuichi Hokoi, Sri Nastiti N. Ekasiwi, Noor Hanita Abdul Majid, Reduction of Energy Consumption by AC due to Air Tightness and Ventilation Strategy in Residences in Hot and Humid Climates, J. of Asian Architecture and Building Engineering, 査読有, Vol.11, No.2, 2012, 1-8
- ⑮ 松下大輔, 宗本順三, 立岡優介, 仲 隆介, ワークプレイスにおける業務行為とワーカー属性の関係, 日本建築学会計画系論文集, 査読有, 76巻, 2011, 1829-1838
- ⑯ Xinnan ZHANG, Junzo MUNEMOTO, Tetsu YOSHIDA, Daisuke MATSUSHITA, Takashi IZATO, A STUDY ON WORKERS' PATTERNS OF SPACE USE AND VERBAL COMMUNICATION IN WORKPLACES WITH AND WITHOUT PARTITION WALLS -An Investigation Using a UWB Sensor Network, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 査読有, Vol.10, 2011, 335-342
- ⑰ Li Zao, Junzo MUNEMOTO, Yoshida Tetsu, Analysis of Behaviors along Waterside in a Chinese Residential Quarter, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 査読有, Vol.10, 2011, 85-92
- ⑱ 張シン楠, 高井啓明, 平野克彦, 宗本順三, 吉田 哲, 松下大輔, Comparison of Workers' Verbal Communication in Big Open Workplace with and without Partition Walls - Investigation by using UWB Sensor Network Part6 -, 日本建築学会2011年度大会学術梗概集E-1, 査読無, 2011, 599-600
- ⑲ Xinnan ZHANG, Takashi IZATO, Junzo MUNEMOTO, Daisuke MATSUSHITA, Tetsu YOSHIDA, Relationship between office workers' staying and workstation attributes in a non-territorial office using ultra wide band sensor network, Frontiers of Architecture and Civil Engineering in China, 査読有, Vol.4, 2010, 438-449
- ⑳ 松下大輔, 立岡優介, 宗本順三, 仲 隆介, 張シン楠, 業務行為とワーカー属性の関係「働き方調査」によるワークスタイルの分析その1, 日本建築学会2010年度大会学術梗概集E-1, 査読無, 2010, 1091-1092
- ㉑ 松下大輔, 立岡優介, 宗本順三, 仲 隆介, 張シン楠, 2010年度大会学術梗概集E-1, 査読無, 2010, 1093-1094
- ㉒ Xinnan ZHANG, TAKAI Hiroaki, HIRANO Katsuhiko, MUNEMOTO Junzo, MATSUSHITA Daisuke, Tetsu YOSHIDA, Study on Knowledge Workers' Staying and Talking Behavior in Workplace Investigation on Working Behavior by using UWB Sensor

Network Part 5, 2010年度大会学術梗概集
E-1, 査読無, 2010, 1097-1098

[学会発表] (計 8 件)

- ① 鳥本幸弘, 宗本順三, 田中重良, 三杉拓也, 細川 航, 後藤義明, ZPSを用いたオフィス内での行動分析 (その1 島型固定席オフィスでの移動距離の分析), 2013年度日本建築学会大会 (北海道) 梗概集E1
- ② 立岩宏章, 鳥本幸弘, 田澤良一, 宗本順三, 細川 航, 田中重良, 後藤義明, ZPSを用いたオフィス内での行動分析 (その2 デザインオフィスでの移動距離の分析), 2013年度日本建築学会大会 (北海道) 梗概集E1
- ③ 宗本順三, 細川 航, 三杉拓也, 鳥本幸弘, 田中重良, 後藤義明, 島型オフィスのワーカーのストレスの研究 (その1 ワーカーのストレス), 2013年度日本建築学会大会 (北海道) 梗概集E1
- ④ 三杉拓也, 細川 航, 田中重良, 鳥本幸弘, 後藤義明, 宗本 順三, 島型オフィスのワーカーのストレスの研究 (その2 ワーカーの主観的ストレス比較), 2013年度日本建築学会大会 (北海道) 梗概集E1
- ⑤ 細川 航, 田澤良一, 鳥本幸弘, 立岩宏章, 宗本順三, 田中重良, 後藤義明, 後藤雅和, デザインオフィスのワーカーのストレスの研究 (その1 ワーカーのストレス), 2013年度日本建築学会大会 (北海道) 梗概集E1
- ⑥ 後藤雅和, 細川 航, 田澤良一, 鳥本幸弘, 立岩宏章, 宗本順三, 田中重良, 後藤義明, デザインオフィスのワーカーのストレスの研究 (その2 ワーカーの主観的ストレス比較), 2013年度日本建築学会大会 (北海道) 梗概集E1
- ⑦ A. Razak Sapian, Noor Hanita Abdul Majid, Shuichi Hokoi, Natural ventilation around open ground floor with pilotis in high-rise residential buildings in tropical areas, 9th Nordic Symposium on Building Physics, June, 2011, Tampere, Finland
- ⑧ Sri N. N. EKASIWI, Noor Hanita ABDUL MAJID, Shuichi HOKOI, Daisuke OKA, Tomoko Uno, Field Survey on Set-Point Temperature of Air Conditioner in Residential Building in Hot humid Climate, QiR International Conference, July, 2011, Bali, Indonesia

[図書] (計 1 件)

- ① 宗本順三他著, 財建築環境・省エネルギー機構編, 株式会社武田ランダムハウスジャパン, 知的創造とワークプレイス, 2010, 138-149

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宗本 順三 (MUNEMOTO JUNZOU)
岡山理科大学工学部・教授
研究者番号: 60219863

(2) 研究分担者

銚井 修一 (HOKOI SHUICHI)
京都大学・工学(系)研究科・教授
研究者番号: 80111938

松下 大輔 (MATSUSHITA DAISUKE)
岡山理科大学・工学部・准教授
研究者番号: 90372565