

住宅の暖房方式が子供の疾病に及ぼす影響に関する多重ロジスティック回帰分析

4.環境工学—21.環境設計

子供 アレルギー 住宅内温熱環境

床放射式暖房 対流式暖房 ロジスティック回帰分析

準会員 ○ 大橋 桃子*1 正会員 伊香賀俊治*2
 正会員 小島 弘*3 正会員 伊藤 真紀*4
 正会員 麻生 菜摘*5 正会員 光本 ゆり*5
 正会員 池田 知之*5 正会員 明内 勝裕*5

1. 背景と目的

近年日本では、生活習慣病やアレルギー性疾患の増加など様々な問題が生じている。特に幼年期、少年期^{注1}の主な疾病はアレルギー性疾患であるといわれている^[1]。アレルギー性疾患は、生活において身体的・精神的苦痛を与え^[2]、特に子供のアレルギー性鼻炎患者の88%に睡眠障害が生じているとされる^[3]。また、小児期のアレルギー性疾患が、成長とともに別のアレルギー性疾患へと変化していく現象をアレルギーマーチといい、アレルギー性疾患の発生予防並びに重症化阻止のための早期の対策が必要である^[4]。

アレルギー性疾患には遺伝的要因と環境的要因があり^[5]、環境的要因の一つとして住環境が挙げられる。また、アレルギー性鼻炎と併発することが多く、アレルギー周辺疾患ともいわれる中耳炎は、細菌・ウイルスの影響も受ける^[6]。細菌・ウイルスの拡散は、温湿度の影響を受けるとされている^[7]。子供は免疫系などの各器官が大人より未熟であり^[8]、健康を保つためには、住環境に対する工夫や配慮がより必要である。

住環境とアレルギー性疾患の関係について、吉野ら^[9]は、小学生を対象とした調査を行い、結露やカビの発生頻度が高いほど、アレルギー性疾患に有意に影響を及ぼすことを報告した。一方、住環境と感染症の関係について、Miyakeら^[10]は、冬季に寝室の暖房を使用している子供は、未使用の子供よりインフルエンザ、風邪の罹患のオッズが低いことを報告し、寝室を暖かく保つことは子供の感染症予防に効果があることを示した。しかし、既往研究の多くは環境要因をアンケートによって把握しており、実測調査によって住宅内温熱環境が子供の疾病に及ぼす影響を検討した研究は少ない。そこで本研究では、実測調査から冬季の住宅内温熱環境と子供の疾病の関係を検討する。

2. 調査概要

本調査では、関東～九州のH11年基準以上の住宅を対象として、2015年度、2017年度、2018年度に2週間の住宅内温熱環境と居住者の健康に関する実測調査を実施した(表1)。なお、2018年度は介入調査を行ったため、介入前の1週間のみを分析対象とした。

本研究では、成人を対象としたアンケート調査において、小学生以下の子供がいると回答した者を分析対象とした。温湿度の欠損及び子供の疾病、年齢、性別に関するアンケート回答の欠損があった対象者を除外し、125世帯201名を有効サンプルとした。また、エアコンを主に使用してい

表1 調査概要

対象住宅	H11年基準以上の関東～九州の戸建住宅
調査時期	2015年度11月～2月 2017年度1月～3月 2018年度11月～2月 のうち2週間
有効サンプル	125世帯201名

表2 実測調査概要

測定項目	温度・相対湿度	温度
測定場所	居間、寝室(床上1m)	居間(床近傍・床表面) 脱衣所(床上1m) 廊下・トイレ (床上1m・2018年度のみ)
測定機器	TR-72wf(T&D社)	TR-5i, TR-71wf(T&D社)

表3 測定日誌項目

起床時に記入	起床・就寝時刻、睡眠の質等
就寝時に記入	外出の有無、外出・帰宅時刻等

表4 アンケート調査項目^{注2}

健康状態	SF-8 日本語版 ^{注3, [11]} 、GHQ 精神健康調査票-12 ^{注4, [12]}
睡眠・生活習慣	ピッツバーグ睡眠質問票、飲酒・喫煙習慣
身体と活動	身体の痛み、運動習慣、歩行習慣等
症状・持病	日本アレルギー性鼻炎標準 QOL 調査票、症状の頻度、通院状況と傷病、降圧剤服用の有無等
住まい	CASBEE すまいの健康チェックリスト ^{注5, [13]}
住まい方	暖房機器使用状況、入浴習慣、着衣、在宅時間
個人属性	年齢、性別、身長体重、居住年数、所得等
子供について	年齢、性別、アレルギー性疾患の有無と程度

るサンプルを対流式暖房群、床暖房を主に使用しているサンプルを床放射式暖房群と定義した。

実測調査では、期間中の温湿度を測定した。測定点は、居間、寝室、脱衣所の床上1mで、居間のみ床近傍・床表面も測定した。また2018年度は廊下とトイレの床上1mも測定した(表2)。成人に自身の行動に関する測定日誌の記入を依頼し(表3)、アンケートでは、自身の個人属性及び生活習慣、同居する子供のアレルギー性疾患等について問うた(表4)。なお、調査方法に関しては慶應義塾大学理工学部・理工学研究科の生命倫理委員会の承認を得たプロト

コルで調査を実施した（承認番号：27-31,29-79,30-96）。

3. 調査結果

3.1 個人属性・住環境の集計

子供の年齢、男女比の集計を行った。平均年齢は 6.4 ± 3.5 歳、男女比は男児が 53%、女児が 47%であった(図1, 図2)。また、住環境として、居住年数、暖房方式の集計を行った。平均居住年数は 7.3 ± 6.3 年であり、4 年以上 6 年未満が最多であった(図3)。なお、居住年数は、世帯主の居住年数であるため、子供の年齢を超えている場合がある。暖房方式に関して、対流式暖房群は 38%で、床放射式暖房群は 62%であった(図4)。

3.2 室温・湿度の集計

3.2.1 全体の集計(図5,図6)

在宅時の平均居間床上 1m 室温、居間床近傍室温、居間湿度の集計を行った。日誌から世帯主の在宅時間^{注6}を特定し、住宅性能と暖房使用を併せた家の代表室温として分析に用いた。居間床上 1m 室温の平均は $18.9 \pm 2.5^\circ\text{C}$ で、WHO が推奨している冬季の室温 18°C ^[4]を下回っている世帯は 32%であった。一方、居間床近傍室温の平均は $19.7 \pm 4.4^\circ\text{C}$ で 18°C を下回っている世帯は 45%であった。また、相対湿度に関して、Arundel A.V.ら^[15]は、40%未満であるとウイルスや細菌が存在しやすく、60%以上であると真菌やダニが存在しやすくなると報告した。居間湿度の平均値は $42.1 \pm 9.1\%$ であり、40%以上 60%未満の世帯は 54%であった。

3.2.2 暖房方式ごとの集計(図7)

暖房方式により 2 群に分けて室温・湿度の集計を行った。検定は Mann-Whitney の U 検定を用いた。統計学的有意水準は 5%とし、***: $p < 0.001$ 、**: $p < 0.01$ 、*: $p < 0.05$ 、†: $p < 0.10$ と表記した。 p は有意確率、 n はサンプル数である。在宅時居間床近傍室温の中央値は、対流式暖房群より床放射式暖房群の方が、 3.5°C 有意に高い結果となった($p < 0.001$ ***)。居間床上 1m 室温と居間湿度に有意な差は見られなかった。

3.3 子供の疾病の集計(図8)

子供の疾病について、アレルギー性鼻炎、アトピー性皮膚炎、中耳炎、喘息の有訴割合の集計を行った。診断を受けたことがある割合が最も高かったのは、中耳炎で 36%であった。その他、アレルギー性鼻炎は 27%、アトピー性皮膚炎は 21%、喘息は 10%が診断を受けたことがある結果となった。また、全体の 57%がいずれかの疾病の診断を受けたことがあることが分かった。

3.4 住環境と子供の疾病に関するクロス集計

3.4.1 暖房方式と子供の疾病(図9)

暖房方式と疾病の程度について Mann-Whitney の U 検定を行った。各疾病において有意差は見られなかったが、特に中耳炎に関して対流式暖房群より床放射式暖房群の有訴割合が低い結果となった。

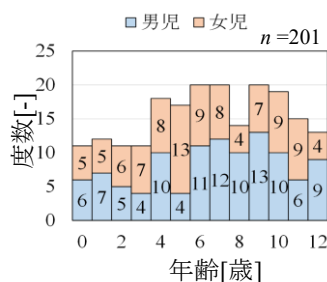


図1 子供の年齢分布

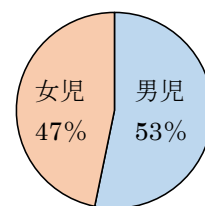


図2 子供の男女比

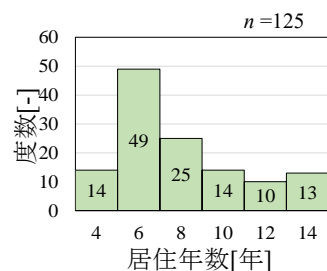


図3 居住年数分布

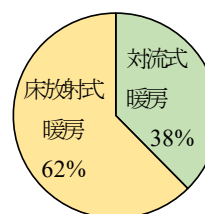


図4 暖房方式の割合

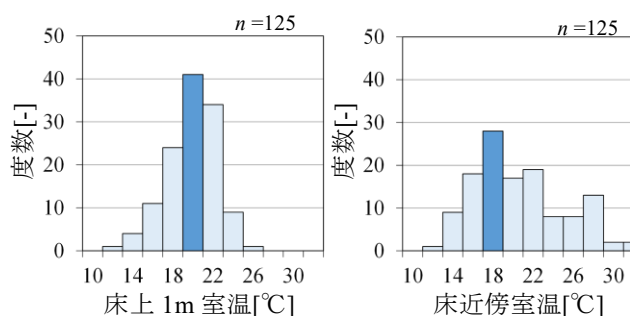


図5 居間室温分布 (左:床上 1m 室温 右:床近傍室温 濃い青:最頻値)

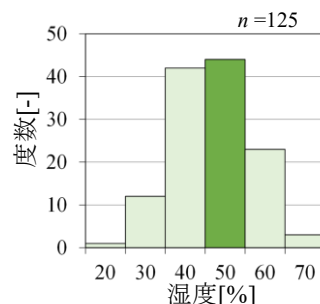


図6 居間湿度分布 (濃い緑:最頻値)

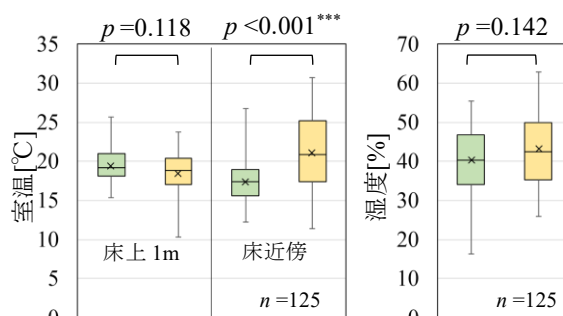


図7 暖房方式と室温・湿度 (緑:対流式暖房群 黄:床放射式暖房群)

3.4.2 温湿度の実測による住環境と子供の疾病(図 10,11)

定量的な住環境評価を行うために、温湿度の実測値と子供の疾病について Mann-Whitney の U 検定を行った。WHO は、Housing and health guidelines^[14]において冬季室温を 18℃ 以上に保つことを推奨しているが、子供や高齢者がいる住宅はさらに暖かくする必要があると示唆しているため、18℃、20℃を閾値として 2 群に分けた分析を行った。床上 1m 室温を 20℃未満群と 20℃以上群に分けた分析において、20℃未満群より 20℃以上群の方がアトピー性皮膚炎の有訴割合が低い傾向が見られた($p=0.067^\dagger$)。

また居間湿度を 40%未満群と 40%以上群に分けた分析において、有意差はないが 40%未満群より 40%以上群の方が中耳炎の有訴割合が低かった。

4.子供の疾病に関するロジスティック回帰分析

個人属性や親の遺伝的要因を考慮した上で、住宅内の温熱環境と疾病の関連を検討するために、各疾病の有無を目的変数としたロジスティック回帰分析を行った。疾病により有症者数に違いがあるため、投入した説明変数は疾病間で個数が異なり、それぞれ関連が考えられるものを投入した。また、有症者数が少ない喘息は分析対象外とした。アンケートの回答において、「診断を受けたことがない」という回答を疾病なし、「症状が悪い時のみ受診・治療している」「定期的を受診・治療している」という回答を疾病ありと定義した。また、「診断を受けたことがあるが、特に治療していない」という回答のうち、年齢が居住年数以下である子供を疾病ありとし、年齢が居住年数より多い子供を疾病なしと定義した。これは別の住宅に住んでいた時に、診断を受けた可能性を除くためである。

アトピー性皮膚炎に関して、説明変数として性別、親のアレルギー体質の有無を投入した。アレルギー性鼻炎、皮膚疾患(アトピー性皮膚炎等)のいずれかによる通院がある親をアレルギー体質ありと定義した。床放射式暖房群の子供は対流式暖房群の子供と比較して、アトピー性皮膚炎であるオッズが 0.4 倍であることが示された(表 5, $p=0.042^*$)。また、居間床上 1m 室温が 20℃以上の子供は 20℃未満の子供と比較して、アトピー性皮膚炎であるオッズが 0.3 倍であることが示された(表 6, $p=0.029^*$)。中耳炎に関して、説明変数として、年齢、性別、親のアレルギー体質、ペットの有無を投入した。床放射式暖房群の子供は対流式暖房群の子供と比較して中耳炎であるオッズが 0.5 倍であることが示された(表 7, $p=0.043^*$)。また、居間湿度が 40%以上の子供は、40%未満の子供と比較して中耳炎であるオッズが 0.5 倍であることが示された(表 8, $p=0.031^*$)。アレルギー性鼻炎に関して、室温、湿度、暖房方式との有意な関連は見られなかった。

床放射式暖房は、対流式暖房と比較して、発生する風速が小さいため^[16]埃が舞にくいこと、床表面が高温・低湿となるためダニの発生が抑制される^[17]ことから、室内の

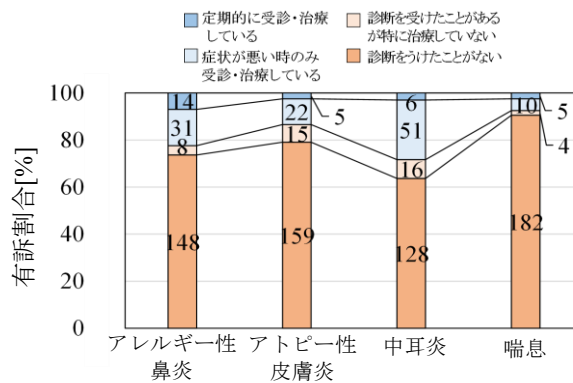


図 8 疾病の有訴割合

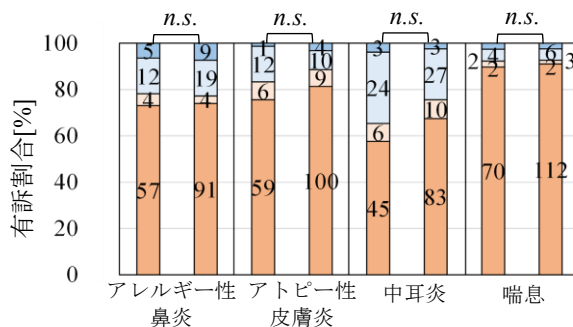


図 9 暖房方式と疾病 (左:対流式暖房群 右:床放射式暖房群)

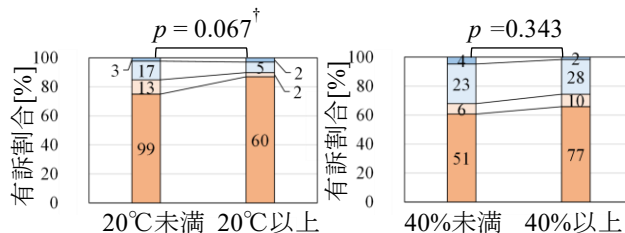


図 10 室温(20℃閾値)とアトピー性皮膚炎

図 11 湿度(40%閾値)と中耳炎

表5 ロジスティック回帰分析(暖房方式・アトピー性皮膚炎)
目的変数:アトピー性皮膚炎 [0]なし[1]あり

説明変数		調整オッズ比	有意確率
暖房方式	床放射式暖房 (ref.対流式暖房)	0.40	0.042*
性別	女兒(ref.男児)	1.55	0.323
親のアレルギー体質	あり(ref.なし)	5.10	0.004**

$n=181$, Hosmer と Lemeshow の検定 $p=0.853$, 正判別率 85.1%

表6 ロジスティック回帰分析(室温・アトピー性皮膚炎)
目的変数:アトピー性皮膚炎 [0]なし[1]あり

説明変数		調整オッズ比	有意確率
居間床上 1m 室温	20℃以上 (ref.20℃未満)	0.31	0.029*
性別	女兒(ref.男児)	1.22	0.653
親のアレルギー体質	あり(ref.なし)	4.74	0.006**

$n=181$, Hosmer と Lemeshow の検定 $p=0.772$ 正判別率 84.5%

アレルギーが抑制され、アトピー性皮膚炎、中耳炎の疾病ありのオッズが低くなった可能性がある。アトピー性皮膚炎と寒冷環境の直接的な関係は不明だが、アトピー性皮膚炎は汗が悪化因子に含まれるため^[18]、室内の厚着による蒸れを防ぐことで、20℃以上群は、20℃未満群よりアトピー性皮膚炎であるオッズが低くなったと考察した。また、子供の中耳炎は主に滲出性中耳炎と急性中耳炎である^[19]。滲出性中耳炎は、アレルギー性鼻炎と併発することが多く、アレルギー性疾患対策が重要である一方で、急性中耳炎はウイルス感染や細菌感染を原因として発症する^[6]。したがって、低湿度環境ではウイルスや細菌が存在しやすいため、40%以上群は40%未満群よりも中耳炎であるオッズが低くなったと考察した。

5. まとめと今後の展望

本研究では冬季の住宅内温熱環境と子供の疾病の関連を検討した。その結果、在宅時居間床上1m室温20℃以上群は、20℃未満群と比較してアトピー性皮膚炎であるオッズが0.3倍であることが示された。また、在宅時居間湿度40%以上群は、40%未満群と比較して、中耳炎であるオッズが0.5倍であることが示された。床放射式暖房群の方が対流式暖房群よりもアトピー性皮膚炎及び中耳炎の疾病ありのオッズが低いことが示された。

本調査で対象とした住宅はH11年基準以上であったことから、居間床上1m、床近傍室温に関して半数以上が18℃以上、居間湿度に関して半数以上が40%以上60%未満を満たしていた。しかし、平成25年住宅・土地統計調査^[20]によると、我が国において、二重サッシまたは複層ガラスの窓がない住宅は72%であり、大半の住宅は断熱性能が低いことがうかがえる。したがって、今後は、より寒冷的な環境に居住するサンプルも含め、幅広い温湿度帯で住環境と子供の疾病について検討することが必要である。

加えて、アトピー性皮膚炎のロジスティック回帰分析において、今回投入した説明変数以外にも、年齢やペットの有無などほかのアレルギー性疾患の要因も考慮すべきである可能性が残る。今後は分析対象サンプルを増やし、温熱環境以外の要素をより調整した上で検討を行う予定である。

【謝辞】本研究の実施に際し多大なご支援を頂いた（一社）日本ガス協会、積水ハウス様の皆様、調査にご協力いただいた皆様に心より謝意を表す。尚、本研究は（一社）日本ガス協会と積水ハウス様との共同研究として実施し、本研究の一部にJSPS科研費JP17H06151の助成を受けた。

【注釈】注1)健康日本21上で、生まれてから死ぬまでの生涯を、「幼年期」(育つ)、「少年期」(学ぶ)、「青年期」(巣立つ)、「壮年期」(働く)、「中年期」(熟す)、「高齢期」(総る)の6段階に分けている。注2)介入後調査では健康状態、生活・睡眠習慣、症状・持病、住まい、住まい方、個人属性のみ問うた。注3)健康の8領域を測定することができる尺度。注4)神経症者の症状把握、評価および発見に

表7 ロジスティック回帰分析 (暖房方式・中耳炎)

目的変数:中耳炎 [0]なし[1]あり

説明変数	調整オッズ比	有意確率
暖房方式	床放射式暖房 (ref.対流式暖房)	0.50 0.043*
年齢	連続値[歳]	1.11 0.034*
性別	女兒(ref.男児)	0.99 0.966
親のアレルギー体質	あり(ref.なし)	0.86 0.779
ペット	あり(ref.なし)	0.62 0.380

n=181, Hosmer と Lemeshow の検定 p=0.263, 正判別率 66.3%

表8 ロジスティック回帰分析 (湿度・中耳炎)

目的変数:中耳炎 [0]なし[1]あり

説明変数	調整オッズ比	有意確率
居間湿度	40%以上 (ref.40%未満)	0.49 0.031*
年齢	連続値[歳]	1.23 0.021*
性別	女兒(ref.男児)	0.89 0.733
親のアレルギー体質	あり(ref.なし)	0.73 0.562
ペット	あり(ref.なし)	0.68 0.484

n=181, Hosmer と Lemeshow の検定 p=0.224, 正判別率 66.9%

有効なスクリーニング検査。注5)健康に悪影響が及ばない居住環境を実現するために開発されたツール。注6)1日のうち就寝時間、外出時間を除いた時間を在宅時間と定義した。

【参考文献】[1]厚生労働省,健康日本21(総論), (https://www.mhlw.go.jp/www1/topics/kenko21_11/s0f.html, 最終アクセス日2020年11月10日) [2]塩森輝夫ら,アレルギー性鼻炎患者におけるQOL評価, Journal of UOEH, 第29巻, 2号, 2007. [3]鈴木元彦, 専門医のためのアレルギー学講座 一第19回 加齢・生活習慣とアレルギー 1.アレルギー性鼻炎と生活習慣, アレルギー, 第64巻, 7号, 2015. [4]木村光明, 乳幼児期の環境アレルギー対策とアレルギーマーチ, 日本小児アレルギー学会誌, 第17巻, 1号, 2003. [5]近藤直美, アレルギー発症における遺伝子と環境, アレルギー, 第56巻, 2号, 2007. [6]鈴木正志, 滲出性中耳炎とアレルギー性鼻炎の関わり, 耳鼻臨床, 第94巻, 4号, pp.299-303, 2001. [7] Lowen AC et al., Influenza virus transmission is dependent on relative humidity and temperature, PLoSPat hog, vol.3, No.10, pp.1470-1476.2007. [8] Scammon, RE, Jackson, C M, Paterson, DG, The measurement of the body in childhood, In Harris, The Measurement of Man, Univ. of Minnesota Press, Minneapolis, 1930 [9]吉野博ら, 児童のアレルギー性症状と居住環境要因との関連性に関する調査研究, 日本建築学会環境系論文集, 第79巻, 695号, pp.107-115, 2014. [10] Fuyu Miyake et al., A prospective cohort study of bedroom warming with a heating system and its association with common infectious diseases in children during winter in Japan, Journal of Epidemiology, 2020. [11]i Hope International 株式会社 SF-8日本語版-SF36, (<https://www.sf-36.jp/qol/sf8.html>, 最終アクセス日2020年11月21日) [12]日本文化科学社, 日本版 GHQ 精神健康調査票, 2019. [13]一般社団法人日本サステナブル建築協会, 住まいの健康性評価ツール CASBEE 健康チェックリストの概要, 2011. [14] World Health Organization, WHO Housing and health guidelines, 2018. [15] Arundel A.V. et al., Indirect health effects of relative humidity in indoor environments, Environmental Health Perspectives, vol.65, pp.351-361,1986. [16]飯野由香利ら, F-7 床暖房とエアコンが設置された居室内における温熱環境と快適性, 空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集, 2007. [17]入江建久, 特集「生活環境中のエアロゾル-現状・対策-問題点」居住環境におけるアレルギー・ダストに対する空気清浄対策, エアロゾル研究, 第13巻, 1号,1998. [18]田中暁生, 特集アレルギーNext Stage アトピー性皮膚炎 汗とアトピー性皮膚炎, 小児内科, vol.49, No.1, 2017. [19]伊藤真人, 総説 子どもの中耳炎の診断と治療:特に手術適応について, 耳鼻咽喉科展望, 第60巻, 2号, 2017. [20]総務省統計局, 平成25年住宅・土地統計調査, (<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&koukei=00200522&tstat=000001063455>,最終アクセス日2020年12月26日)

*1 慶應義塾大学理工学部システムデザイン工学科
*2 慶應義塾大学理工学部教授・博士(工学)
*3 慶應義塾大学共同研究員・博士(工学)
*4 積水ハウス株式会社・修士(工学)
*5 慶應義塾大学大学院理工学研究科 修士課程

*Undergraduate Student, Faculty of Science and Technology, Keio Univ.*¹
* Prof., Faculty of Science and Technology, Keio Univ., Dr.Eng.*²
* Co-researcher, Keio Univ., Dr.Eng.*³
*Sekisui House, Ltd, M.Eng.*⁴
*Graduate Student, Graduate School of Science and Technology, Keio Univ.*⁵