

氏名（本籍）	飯泉 元気（千葉県）
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	甲第200号
学位授与の日付	平成29年3月22日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	機器分析に基づく新築直後の住宅の快適なおい環境の形成に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 小峯 裕己 (副査) 教授 佐藤 史明 教授 松島 大 教授 望月 悦子 准教授 亀田 豊

学位論文の要旨

機器分析に基づく新築直後の住宅の快適なおい環境の形成に関する研究

ここ数年、官民一体となって健康維持推進住宅等、健康を増進させるアメニティーの高い住宅環境を確保する家づくりに関する研究が行われている。天然木由来の木精油の香りは、居住者に不快感を与えにくく、リラックス効果等が報告されていることから、広義の意味での健康性を増進させる上で、積極的に放散させるべきであると考えられる。

以上のことを踏まえ、本論文は、住宅室内に木の香りを漂わせることを希望する人々を対象に、不快なおいとなる新築臭を抑制した上で、天然木由来の香りを積極的に放散させ、快適なおい環境を形成する定量的な計画方法を提案している。

住宅室内におけるにおいに関する既往の研究は、殆どが悪臭を対象としており、本論文のように、快適性や健康性に関わる香りを対象とした研究は希有である。また、ホルムアルデヒド発散建材に関する建築環境工学の研究を参考に、建材から放散するにおいの発散速度の概念を取り入れ、特性のばらつきが大きな天然材料の一つである無垢材の香りの発散速度のばらつき程度を考慮した上で、室内における香りの強さを推定する方法を提案するような研究は、本論文が初めてであり、独創性に富む論文であると考えられる。

本論文は7章で構成されており、各章の概要を以下に記載する。

第1章「序論」では、新築臭に関わる既往の研究における問題点、課題を明らかにすると共に、本研究の独創性を明らかにした。

第2章「試験装置及び試料空気捕集・分析方法」では、においに関する公定法である三点比較式臭袋法が、においの発散速度を求めるための微少な強さの差異を明らかに出来ないこと、においの

質の評価は不可能であることを指摘し、複数のセンサーの出力を多変量解析して、微妙なおいの強さの差異を定量化でき、においの質の近さ具合を類似度として表現できるにおい識別装置で計測する必要があることを明らかにすると共に、同装置の測定原理を詳説した。

第3章「物理量と人の感覚に関する関係を考慮したにおいの強さの推定式」では、

建材から放散するホルムアルデヒドに因る気中濃度に関する推定式である HBF 式に準じ、建材から放散するにおいの強さを推定する数式を提案した。この推定式は平衡状態におけるにおいの強さ C_e の逆数 ($1/C_e$) と試験チャンバーの換気回数 N 、試料設置率 L に基づく値 N/L が一回帰することを前提としているが、 N/L 値を系統的に変化させたチャンバー実験を行い、前提条件を満足することを確認している。その上で、物理量と人の感覚に関する関係を考慮して、「対数を考慮したにおいの強さの推定式」を提案した。

第4章「閾値比最大モデルの検証」では、小型チャンバー及び居室大の空間を用いた実験に基づいて、「複合臭の強さは空間を構成する部位の中でにおいが最も強い部位によって決まる」という考えに基づく閾値比最大モデルを検証した。その結果、においの発散速度と施工面積比の乗積値が最も大きな部位から発散するにおいが支配的で、そのにおいの強さが複合臭のにおいの強さにほぼ等しいことを明らかにした。なお、特性のばらつきが大きな無垢材を用いた杉材フローリングであった為、その香りの発散速度にはばらつきが認められたため、測定サンプル数を増やして、測定結果の標準誤差の上限値及び下限値を用いて発散速度の範囲を推定する方法を提案した。

第5章「居住者が快適と感じる香りの強さの範囲」では、杉材フローリングから放散する香りを対象に被験者実験を行い、「居住者が快適と感じる香りの強さの範囲」を検討した。快適と感じている被験者の割合（快適率）と臭気指数の関係がある値を頂点とする正負の傾きを持つ2本の直線で表現できるという新規性のある考えの下、香りの強さと快適率の関係を求めた。

第6章「居住者が快適と感じるにおい環境の形成に必要な N/L 値の推定方法」では、供試体とした杉材フローリングから発散する香りが支配的であるという前提で、提案した建材から放散する香りの強さに関する推定式、及び、香りの発散速度の推定範囲に基づいて、快適な香りの強さの範囲を満たす N/L 値の範囲を算出する方法を明らかにした。その上で、14 m³の居室大チャンバー内に当該 N/L 値を満足する状況を再現し、被験者に入室させて香りの強さ及び快適率の評価をさせた。測定値と推定値とがほぼ一致したことから、提案した「居住者が快適と感じる香り環境の形成に必要な N/L 値の推定方法」が妥当であることを検証した。

第7章「結論」では、以上の研究成果を取り纏め、以下の過程に基づけば、天然木由来の香りを積極的に放散させ、快適なおい環境を形成することが可能であると結論付けた。①使用する予定の無垢材から発散する香りの発散速度の上下限値の範囲を、小型チャンバー試験に基づいて明らかにする。②無垢材を施工する部位以外の内装仕上げは、においや香りの発散が小さな材料で仕上げる。③施主が快適と感じる香りの強さの範囲を官能試験により明らかにする。④快適と感じるにおい環境の形成に必要な N/L 値を算定し、この条件を満足する様に施工する。

審査結果の要旨

ここ数年、官民一体となって健康維持推進住宅等、健康を増進させるアメニティーの高い住宅環境を確保する家づくりに関する研究が行われている。天然木由来の木精油の香りは、居住者に不快感を与えにくく、リラックス効果等が報告されていることから、広義の意味での健康性を増進させる上で、積極的に放散させるべきであると考えられる。

以上のことを踏まえ、本論文は、住宅室内に木の香りを漂わせることを希望する人々を対象に、不快なおいとなる新築臭を抑制した上で、天然木由来の香りを積極的に放散させ、快適なおい環境を形成する定量的な計画方法を提案している。

住宅室内におけるにおいに関する既往の研究は、殆どが悪臭を対象としており、本論文のように、快適性や健康性に関わる香りを対象とした研究は希有である。また、ホルムアルデヒド発散建材に関する建築環境工学の研究を参考に、建材から放散するにおいの発散速度の概念を取り入れ、特性のばらつきが大きな天然材料の一つである無垢材の香りの発散速度のばらつき程度を考慮した上で、室内における香りの強さを推定する方法を提案するような研究は、本論文が初めてであり、独創性に富む論文であると考えられる。

本論文は7章で構成されており、各章の概要を以下に記載する。

第1章「序論」では、新築臭に関わる既往の研究における問題点、課題を明らかにすると共に、本研究の独創性を明らかにした。

第2章「試験装置及び試料空気捕集・分析方法」では、においに関する公定法である三点比較式臭袋法が、においの発散速度を求めるための微少な強さの差異を明らかに出来ないこと、においの質の評価は不可能であることを指摘し、複数のセンサーの出力を多変量解析して、微妙なおいの強さの差異を定量化でき、においの質の近さ具合を類似度として表現できるにおい識別装置で計測する必要があることを明らかにすると共に、同装置の測定原理を詳説した。

第3章「物理量と人の感覚に関する関係を考慮したにおいの強さの推定式」では、

建材から放散するホルムアルデヒドに因る気中濃度に関する推定式である HBF 式に準じ、建材から放散するにおいの強さを推定する数式を提案した。この推定式は平衡状態におけるにおいの強さ C_e の逆数 ($1/C_e$) と試験チャンバーの換気回数 N 、試料設置率 L に基づく値 N/L が一次回帰することを前提としているが、 N/L 値を系統的に変化させたチャンバー実験を行い、前提条件を満足することを確認している。その上で、物理量と人の感覚に関する関係を考慮して、「対数を考慮したにおいの強さの推定式」を提案した。

第4章「閾値比最大モデルの検証」では、小型チャンバー及び居室大の空間を用いた実験に基づいて、「複合臭の強さは空間を構成する部位の中でにおいが最も強い部位によって決まる」という考えに基づく閾値比最大モデルを検証した。その結果、においの発散速度と施工面積比の乗積値が最も大きな部位から放散するにおいが支配的で、そのにおいの強さが複合臭のにおいの強さにほぼ等しいことを明らかにした。なお、特性のばらつきが大きな無垢材を用いた杉材フローリングであった為、その香りの発散速度にはばらつきが認められたため、測定サンプル数を増やして、測定結果の標準誤差の上限値及び下限値を用いて発散速度の範囲を推定する方法を提案した。

第5章「居住者が快適と感じる香りの強さの範囲」では、杉材フローリングから放散する香りを

対象に被験者実験を行い、「居住者が快適と感じる香りの強さの範囲」を検討した。快適と感じている被験者の割合（快適率）と臭気指数の関係がある値を頂点とする正負の傾きを持つ2本の直線で表現できるという新規性のある考えの下、香りの強さと快適率の関係を求めた。

第6章「居住者が快適と感じるにおい環境の形成に必要なN/L値の推定方法」では、供試体とした杉材フローリングから発散する香りが支配的であるという前提で、提案した建材から放散する香りの強さに関する推定式、及び、香りの発散速度の推定範囲に基づいて、快適な香りの強さの範囲を満たすN/L値の範囲を算出する方法を明らかにした。その上で、14 m³の居室大チャンバー内に当該N/L値を満足する状況を再現し、被験者に入室させて香りの強さ及び快適率の評価をさせた。測定値と推定値とがほぼ一致したことから、提案した「居住者が快適と感じる香り環境の形成に必要なN/L値の推定方法」が妥当であることを検証した。

第7章「結論」では、以上の研究成果を取り纏め、以下の過程に基づけば、天然木由来の香りを積極的に放散させ、快適なおい環境を形成することが可能であると結論付けた。①使用する予定の無垢材から発散する香りの発散速度の上下限値の範囲を、小型チャンバー試験に基づいて明らかにする。②無垢材を施工する部位以外の内装仕上げは、においや香りの発散が小さな材料で仕上げる。③施主が快適と感じる香りの強さの範囲を官能試験により明らかにする。④快適と感じるにおい環境の形成に必要なN/L値を算定し、この条件を満足する様に施工する。

以上のように、本論文は、既往の研究で取り上げていない室内の香りを対象にして、建築環境工学の観点から定量的に検討して、快適なおい環境を形成する定量的な計画方法を提案しており、極めて独創的な研究であると考えられることから、学位（博士）の学位論文に値するものであると判定する。