

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 25 日現在

機関番号：24302

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23700870

研究課題名(和文)熱・音・光複合環境下における快適規準の開発

研究課題名(英文)Development of environmental standards for human comfort under combined conditions of ambient air temperature, noise, and illuminance

研究代表者

長野 和雄 (Nagano, Kazuo)

京都府立大学・生命環境科学研究科(系)・准教授

研究者番号：90322297

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：室温14～38℃、騒音46 dB～90 dB、照度3 lx～5,000 lxの組み合わせ条件に対し、青年女性に快適か否か、受け入れられるか否かを尋ねる実験を行った。結果に基づき、室温・騒音・照度がわかればその環境の快適度・受容度を0から100の数値で示すことができる等快適線図・等受容線図を作成した。これにより、快適な条件、快適ではないが受け入れられる環境条件、受け入れることもできない条件の組み合わせをそれぞれ明示することができた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to propose new environmental standards by reflecting the combined effect of temperature, noise, and illuminance on the human state of mind. Female students were exposed to combined conditions of 14 °C to 38 °C in air temperature, 46 dB to 90 dB in ambient noise level, and 3 lx to 5,000 lx in illuminance. Based on their sensations regarding each combined condition, The equi-comfort and equi-acceptance charts were derived. These two kinds of charts can indicate the combined conditions which would be acceptable but not comfortable, as well as the grades of human comfortableness and acceptableness by themselves within this experimental condition.

研究分野：建築環境学

キーワード：複合影響 等快適線図 等受容線図

1. 研究開始当初の背景

どのような生活環境が人間にとって安全・健康・快適かについて、今日まで数多の研究結果が蓄積されてきた。健康で快適な生活のための環境規準（建築基準法や建築物衛生法（ビル管法）、環境基本法など）や快適規準（ASHRAE Standard や ISO など）もこれらの知見に基づいている。しかしいずれの規準も、例えば室温 17～28℃、騒音レベル 55dB(A)以下というように、個々の環境要素別に示されている。これは、これまでの研究が温熱環境・音環境・光環境など様々ある環境要素の一つにのみ焦点を当て、他の要素の影響は誤差・外乱として取り扱ってきたためである。しかし人間は常に複数の物理環境要素に同時に曝されているため、その生活環境が快適か否かの価値・判断は、特定の環境要素のみで決定されるはずがない。

しかも、我々の現実の生活環境はすべての要素について快適な水準下にあるわけではなく、一定の幅の中で暮らしている。暑さを凌ぐために窓を開け放せば屋外からの交通騒音が、エアコンや扇風機などの機器を使えば機器からの騒音が耳障りに感じることは、日常生活の中で少なからず経験するであろう。このとき、暑いけれど静かな環境と涼しいけれどうるさい環境のどちらがどの程度快適なのだろうか。このような問いに、単一の要素しか考慮せず、しかも快適か否かを二者択一的にしか示し得ない既存の規準では対応できない。すなわち、各環境条件の組み合わせによってどの程度の快適さを得られるかを多段階に表せた方が、現実の生活環境に即した、より実用的な規準になり得る。

2. 研究の目的

本研究の目的は、健康で快適な生活のための快適規準を、様々な環境条件が組み合わされている実際の生活環境により適したかたちに改めることである。すなわち、室温・騒音レベル・照度条件の組み合わせから総合的な快適度を表す方法を構築することである。そして、これに基づいて新たな快適規準を作成・提案することである。

3. 研究の方法

夏季は暑熱、冬季は寒冷の限度を求めることが規準作成にあたり重要であるため、夏季と冬季で室温条件を分け、図 1 に示す奈良女子大学人工気候室にて被験者実験を行った。実験条件は照度条件を 150 lx に統一し、気温 8 条件(暑熱:26, 30, 34, 38℃、寒冷:14, 17, 20, 23℃)、等価騒音レベル 5 条件(46, 57, 68, 79, 90 dB)の組み合わせ条件に青年女性(暑熱 23 名、寒冷 21 名)を曝露した。

図 2 に本実験の手順を示す。実験参加前の被験者の生理的・心理的影響を統制するため、前室環境に被験者を 30 分間順応させてから実験室に通した。2 分間の音呈示後に 1 分以内で評定用紙により申告を得て、これを 2 分

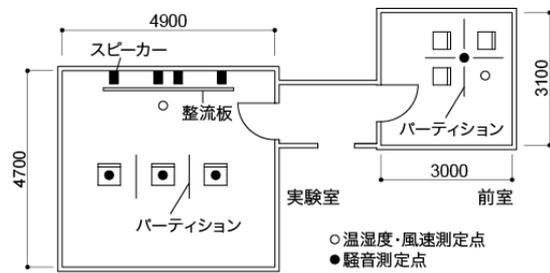


図 1 実験室

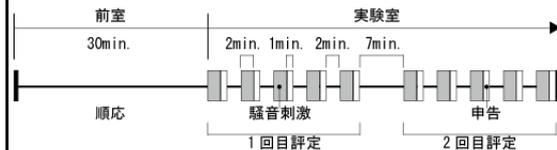


図 2 タイムスケジュール

間隔をあけて残りの音 4 条件を同様に実施した。7 分間の休憩後、再び同じ手順で全音 5 条件について繰り返し、熱 1 条件を終了とした。開始時刻は 10 時、13 時、15 時であった。被験者は日を改めてすべての室温条件に参加した。その際、室温・騒音条件それぞれの順序効果を考慮し、被験者ごとにランダムに呈示した。

表 1 に測定項目を示す。環境・生理測定についてはそれぞれ括弧内の測器を用い、心理測定については直線評定尺度を採用した。直線の右端に表の評価語を配し、尺度の意味をより理解しやすいよう左端にその否定語を添えた。各語に対し右端を最も強く感じ、左端を全く感じない状態とし、そのときの感じた印象にふさわしい位置に印を付けるよう指示した。評価語の意味の解釈は被験者に一任した。得られた申告は尺度の全長を 100 とし、数値に変換して処理した。

表 1 測定項目および使用測器

環境	<ul style="list-style-type: none"> ● 気温・相対湿度：自己記録式温湿度計 (ESPEC RS-12) ● グローブ温度：150mm グローブ温度計、自己記録式温度計 (ESPEC RS-11) ● 風速：熱線式風速計 (KANOMAX CLIMOMASTER 6542) ● 周囲構成面の表面温度：0.2mm T 型熱電対、データロガー (ETO CADAC21) ● 等価騒音レベル・帯域音圧レベル：普通騒音計 (RION NL-04)、オクターブフィルタ (RION NX-04) ● 机上面照度：色彩照度計 (MINOLTA CL-200)
生理	<ul style="list-style-type: none"> ● 各部位皮膚温：サーミスタプローブ (Gram LT-ST08-12)、ロガー (Gram LT-8A) ● 舌下温：婦人体温計
心理	<ul style="list-style-type: none"> ● 暑い、寒い、暖かい、涼しい、うるさい、騒がしい、静かな、明るい、暗い ● 熱的快適・不快・受け入れられる、聴覚的快適・不快・受け入れられる、視覚的快適・不快・受け入れられる ● 総合的快適・不快・受け入れられる

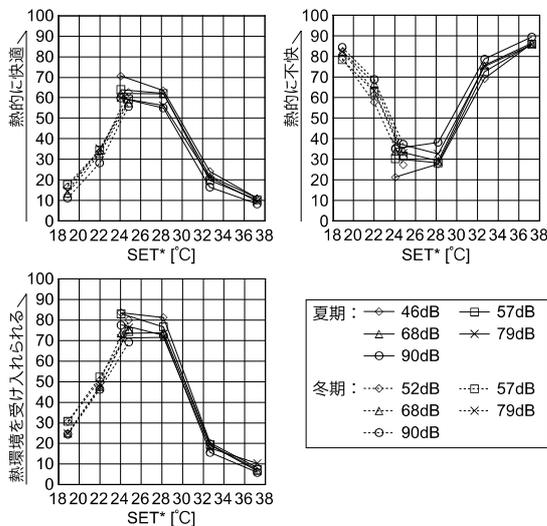


図3 SET*と暑さ感・寒さ感・暖かさ感・涼しさ感の関係

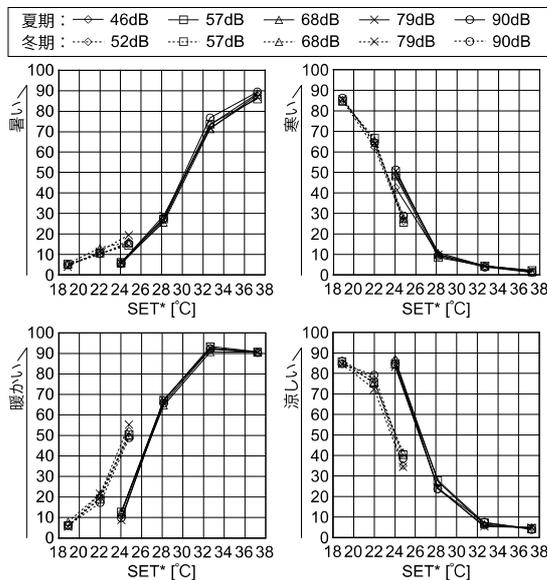


図4 SET*と熱的快適性・熱的不快性・熱的受容性の関係

同様に、照度 3 lx、750 lx、5000 lx についても被験者実験を実施した。

4. 研究成果

皮膚温・舌下温は照度条件・騒音条件による差異は認められず、もっぱら熱条件による影響のみが認められた。すなわち、熱・音・照度条件の組み合わせによる交互作用が認められるのは心理反応だけであることを確認した。以降の分析では、心理反応との対応関係を見るため、熱条件については総合体感温度である SET*、音条件については等価騒音レベルで表した。

図 3 に 150 lx 条件における SET*と暑さ感・寒さ感・暖かさ感・涼しさ感との関係を音条件ごとに示す。SET*が高いほどより暑く・暖かく、SET*が低いほどより寒く・涼しく感じるのに対し、音条件による差は小さい。同様に L_{Aeq} とうるささ感・騒がしさ感・静かさ感との関係を検討したところ、 L_{Aeq} が

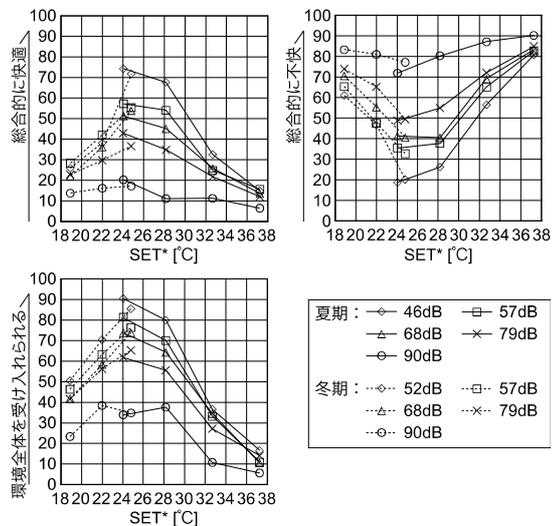


図5 SET*と総合的快適性・総合的不快性・総合的受容性の関係

高いほどよりうるさく・騒がしく、 L_{Aeq} が低いほどより静かに感じるのに対し、熱条件による差は小さかった。

図 4 に 150 lx 条件における SET*と熱的快適性・熱的不快性・熱的受容性の関係を音条件ごとに示す。SET*24~28 において熱的快適性・熱的受容性は最も高く、熱的不快性は最も低い。この範囲より低温ほど、また高温ほど熱的快適性・熱的受容性は低く、熱的不快性は高い。音条件によって差が見られ、高騒音条件で熱的快適性・熱的受容性がより低く、熱的不快性がより高い傾向が認められるが、その差は小さい。同様に L_{Aeq} と聴覚的快適性・聴覚的不快性・聴覚的受容性の関係を検討したところ、 L_{Aeq} が高いほど聴覚的快適性・聴覚的受容性が低く、聴覚的不快性が高い。聴覚的快適性・聴覚的不快性において熱条件による差が見られ、夏期は低温条件ほど、冬期は高温条件ほど聴覚的快適性がより高く、聴覚的不快性がより低い傾向が認められるが、その差は小さい。聴覚的受容性についても熱条件による差が見られるが、一貫した傾向は認められない。

図 5 に照度 150 lx 条件における SET*と総合的快適性・総合的不快性・総合的受容性の関係を音条件ごとに示す。夏期は低温条件ほど、冬期は高温条件ほど総合的快適性・総合的受容性が高く、総合的不快性が低い。また夏期・冬期とも高騒音条件ほど総合的快適性・総合的受容性が低く、総合的不快性が高い。

図 3 から、暑さ感・寒さ感・暖かさ感・涼しさ感には音の影響、うるささ感・騒がしさ感・静かさ感には熱の影響が見られず、それぞれ音条件・熱条件に対して独立であると解釈される。一方、図 4 から熱的快適性・熱的不快性・熱的受容性には熱だけでなく音の影響が、聴覚的快適性・聴覚的不快性には音の影響だけでなく熱の影響が小さいながらも認められ、統計的にも有意差があった。このことは、熱・音といった特定の物理要素に着目して心理評価を得ようとした場合でも、

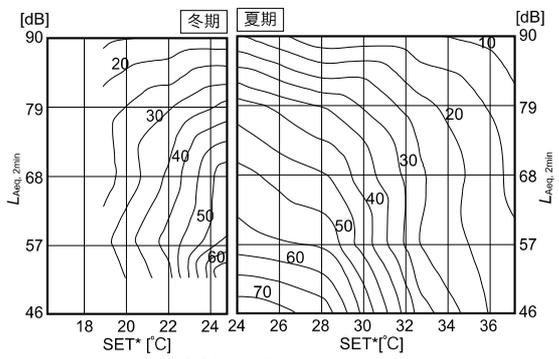


図6 等快適線図 (150 lx)

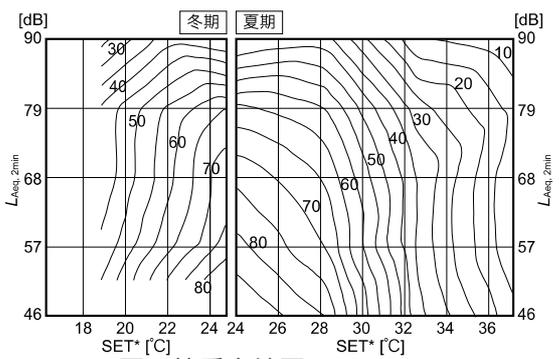


図7 等受容線図 (150 lx)

他の物理要素を統制しなければその影響が測定誤差として混入し得ることを示している。

図5に示すように、総合的快適性・総合的不快性・総合的受容性については熱と音双方の影響がとりわけ顕著であることから、熱と音の双方の影響の程度を捉えるのに適した心理尺度と捉えることができる。したがって、この総合的快適性・総合的不快性・総合的受容性を用いて、SET*を横軸、 L_{Aeq} を縦軸にとり、等しい総合的快適性となるSET*と L_{Aeq} の組み合わせをコンターラインとして描いた。図6にそのコンターラインすなわち等快適線図を示す。同様に、図7に等受容線図を示す。図6より、同じSET*でも L_{Aeq} が大きいほど、同じ L_{Aeq} でもSET*が熱的中性域から離れるほど、総合的快適性が低い。同じSET*でも L_{Aeq} が大きいほど、図7より、同じ L_{Aeq} でもSET*が熱的中性域から離れるほど、総合的受容性が低い。

この図6,7の等値線図は、室温・騒音レベルの組み合わせから総合的な快適度・受容度を0から100の数値で示すことができる。これまでの環境の快適規準が、室温なら室温のみ、騒音レベルなら騒音レベルのみであったのに対し、室温・騒音レベルの組み合わせで表される点で独創的である。

同様に、他の照度条件についても分析した。いずれの照度条件においても、暑さ感・寒さ感・熱的快適性に対する音の影響、うるささ感・静かさ感・聴覚的快適性に対する熱の影響は小さいことを確かめた。一方で、総合的快適性・不快性・受容性に対しては、熱条件・音条件双方の影響が顕著に表れており、この心理尺度によって得られたデータを

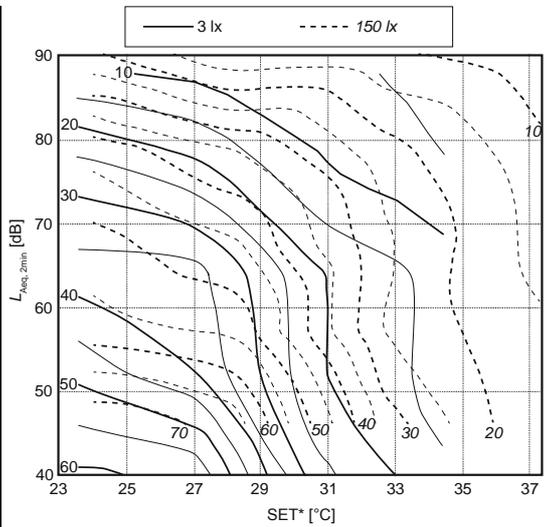


図8 150 lx と 3 lx における等快適線図の比較

用いて等値線図を導いた。その結果、750 lx 条件、5000 lx 条件については150 lx 条件と概ね同様であり、図6・図7と同じ等値線図を用いることができると思なせたのに対し、3 lx については、異なる傾向を示した。図8に150 lx と 3 lx の等値線図の差異を示す。同じ熱・音条件でも3 lx 条件の方が150 lx 条件より総合的快適性が10~20程度低い。同様に、3 lx 条件の方が150 lx 条件より総合的受容性が低く、総合的不快は高かった。このことは、熱・音だけでなく、照度もまた環境の快適性・受容性にとって無視し得ず、組み合わせで考慮されるべき要素であることを示している。

3 lx 条件と150 lx 以上について、等値線図を使い分けることによって、室温・騒音レベル・照度条件の組み合わせから総合的な快適度・受容度を0から100の数値で示すことができる。これまで室温と騒音レベルの異なる2つの物理条件から快適性を数値的に表す線図は知られていたが、本研究によって照度条件を加えることができた。本研究の重要な知見と位置づけられる。

さらに、本研究では、快適性だけでなく、受容性についても等値線図を導いた。快適性と受容性の線図は、図6, 図7を見ても明らかとなっており、形状こそ似ているものの示す数値は大きく異なる。図9に150 lx 条件の場合の総合的快適性と総合的受容性が50となる

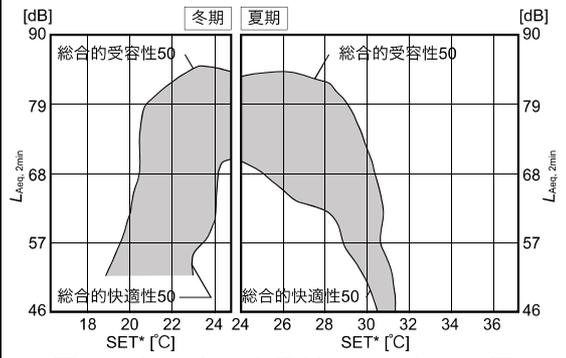


図9 快適でないが受け入れられる範囲

コンターを抜粋して示す。総合的受容性の方が冬期は寒冷側、夏期は暑熱側に、また高騒音側にある。これより、快適と受容が同じ概念でないことは明らかである。それぞれの任意尺度の間である 50 を、快適であるか否か、受け入れられるか否かの境界とすれば、快適である範囲が受け入れられる範囲に含まれている。すなわち、図のグレー部分は快適でないが受け入れられる環境条件を示している。これまでの熱環境基準・規準を示す研究のほとんどは、いわゆる「不快さのない」快適さを希求しており、ある程度の不快さを受け入れるといった価値観を踏まえることはほとんどなかった。しかし、とくに東日本震災以降、これまで以上に節電が重視されるようになり、我々が求める生活環境のあり方に対する考え方が再考され、快適とはいえなくとも健康面・安全面に支障を来たさない環境を是とする場面や思考が増えたと考えられる。その意味で、図 9 によって快適でないが受け入れられる環境条件を SET* と L_{Aeq} の組み合わせとして数量的に導いたことは有意義であり、本研究のもう一つの重要な知見である。

すなわち、室温・騒音レベルの組み合わせから快適性を数量的に表すことのできる等値線図が照度条件をさらに加味することができた。また、快適性・不快性だけでなく、受容性についても数量的に導くことで、快適でないが受け入れられる環境条件を示すことができた。一方で、3 lx から 150 lx の中間領域については明らかになっておらず、今後の課題である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

(1)長野和雄, 尾崎志穂, 堀越哲美, 気温と騒音が青年女性の快適感と受容感に及ぼす影響 複数物理環境条件下における環境規準の開発 その 1, 日本建築学会環境系論文集, 査読有, 78(691), pp.679-687, 2013.09
DOI: 10.3130/aije.78.679

〔学会発表〕(計 4 件)

(1)Nagano K., Horikoshi T. Development of equi-comfort charts constituted with temperature and noise at 150 and 3 lx: The 13th International Conference on Indoor Air Quality and Climate (Indoor Air 2014), Hong Kong, 査読有, HP0224, 4pp, 2014.07.08

(2)長野和雄, 尾崎志穂, 堀越哲美, 気温と交通騒音の複合条件下における快適性の性差, 第 36 回人間-生活環境系シンポジウム報告集, pp.117-120, 2012.12.01

(3)尾崎志穂, 長野和雄, 寒冷から暑熱範囲における気温条件と交通騒音条件が青年女性の心理反応に及ぼす複合影響, 第 33 回日本家政学会関西支部研究発表会, 2011.10.15

(4)尾崎志穂, 長野和雄, 寒冷と交通騒音条件が青年女性の心理反応に及ぼす複合影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), D-1, pp.35-36, 2011.08.23

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.nagano-lab.net/images/HP0224-poster.pdf>

6. 研究組織

(1)研究代表者

長野 和雄 (NAGANO KAZUO)
京都府立大学・大学院生命環境科学研究科・准教授
研究者番号: 90322297