

【カテゴリー I】

日本建築学会計画系論文集 第524号, 69-75, 1999年10月
J. Archit. Plann. Environ. Eng., AIJ, No. 524, 69-75, Oct., 1999

暑熱および交通騒音が心理反応に及ぼす複合影響の定量的表現

QUANTITATIVE EXPRESSION OF COMBINED EFFECTS OF HIGH AMBIENT TEMPERATURE AND TRAFFIC NOISE ON PSYCHOLOGICAL RESPONSES

長野和雄*, 堀越哲美**

Kazuo NAGANO and Tetsumi HORIKOSHI

In order to obtain in-situ evaluation of real daily living environment, it is necessary to treat plural environmental factors synthetically and to get both the non-specific evaluation (i.e. the universal comfort/discomfort) and the specific evaluation (i.e. the thermal comfort, the auditory, and the like) for each factor. In this study, twenty-nine male students were exposed to the combined twenty-five conditions of noise (46.8, 59.2, 73.1, 80.0, 95.4L_{Aeq}) and operative temperature (27, 30, 33, 36, 39°C). The subjects reported their feelings for each combined condition using linear unipolar scales. Results show thermal conditions affect both of noisy/quiet sensations and auditory comfort/discomfort significantly. It is obvious that the combined effect of temperature and noise contribute to the universal comfort and discomfort sensation. Equi-comfort and equi-discomfort charts are proposed to quantitatively evaluate the combined effects of the thermal and noise environment in this experiment.

Keywords : Temperature, Noise, Specific comfort, Universal comfort, Equi-comfort chart

温度、音、環境要因別快適性、総合的快適性、等快適線図

1. はじめに

我々の周囲には熱や音・光など、様々な物理環境要因が存在し、単独で存在することはあり得ない。そのため人体に対し、これらの要因が複合的に作用する可能性があることは心理学的¹⁾のみならず生理学的²⁾な立場からも既に指摘されている。また、個別要因に対する感覚をこえた共通感覚の存在が古くから指摘されている³⁾⁽⁴⁾ことから、個別の感覚とは異なる総合的な感覚を考えることは重要であるといえる。したがって人間と環境との関係を把握するためには、複数の環境要因を同時に扱い、しかも特定の環境要因に限定されない総体的な評価を考えるべきである⁵⁾。しかし、総体的な評価のみでは単一の環境要因を対象とした研究で得られた熱的快適性や聴覚的快適性などと共に、単一環境評価と複合環境評価との接点が見いだしにくかった⁶⁾。快適性などのような、特定の物理環境要因のみで決定されない価値・判断に対して、各環境要因の影響の強さを定量的に捉えられれば、全体的評価と各要因からの影響評価の二方面からの、より実際的な環境評価の予測が可能となる。しかし、熱的快適性などのように特定の環境要因に特化された快適性のみを扱った研究や、逆に Horie et al.⁷⁾、堀江ら⁸⁾⁽⁹⁾のように不快さの総合評価のみを扱った研究はなされているが、全体的評価と各要因からの快適性への影響評価を同時にしかも定量的に捉えようとする

研究は希有である。松原¹⁰⁾は温熱条件・騒音条件の組合せ9条件において、室内的環境に対する総合評価に加え、明るさ・音・室温・臭気など個々の要因に限定した評価を、尺度に「不快さ」を用いて得ている。しかし、それは各尺度上の評価に及ぼす室温と騒音の影響を定性的に示したにすぎない。環境設計へ応用していくためには各環境要因の影響の度合を数量的に捉えることが必要である。Horie et al.⁷⁾、堀江ら⁸⁾⁽⁹⁾は総合評価に対する室温・騒音・照度の影響を数量化Ⅱ類によって定量的に表現し、さらに総合評価の予測を試みている。しかし予測される総合評価が「普通・やや不快・不快」の3段階のみの順序尺度であり、総合評価に各要因がどの程度寄与したか十分に把握するには至っていない。

Grether et al.¹¹⁾⁽¹²⁾は、熱・音・振動の複合影響について、熱条件に有効温度でおよそ31°Cのみを用いて検討している。熱と音の複合影響について検討したViteles and Smith¹³⁾やPouton et al.¹⁴⁾、Bell¹⁵⁾の研究においても、それぞれ熱条件は有効温度で73°F(22.8°C)から94°F(34.4°C)の4条件、有効温度で34°Cの1条件、周囲温度で22°C、29°C、35°Cの3条件としている。これらは作業成績を検討しており、心理反応を同時に得ていても十分に記載されていない。Yamazaki et al.¹⁶⁾は熱・光・音の複合影響について29°C以下の条件で心理反応を得ているが、「作業適合性(work suitability)」に

* 名古屋工業大学大学院社会開発工学専攻
大学院生・修士(生活科学)

** 名古屋工業大学大学院都市循環システム工学専攻
教授・工博

Graduate Student, Dept. of Architecture, Nagoya Institute of Technology,
M. Living Science

Prof., Dept. of Environmental Technology & Urban Planning, Graduate School of
Eng., Nagoya Institute of Technology, Dr. Eng.

についての検討である。いずれにしても Yamazaki et al.¹⁶⁾を除いてすべて暑熱環境に着目しているものの、作業性に焦点をあてたもので快・不快性の検討は十分とはいえない。一方、松原¹⁷⁾は複合影響の研究の重要性について、暑くてうるさい空間を定性的事例として述べている。このように、日常の生活空間を対象とした研究の中でも暑熱と騒音条件は最も重要な組合せ条件の一つであり、定量的検討が待たれている。

本研究は対象とする環境要因を複数熱条件と複数音条件の組合せとし、総合評価に対する熱と音の環境要因の影響を定量的に把握して、その影響を総合的に表す快適線図の作成・提案を目的とし、実験的検討を行った。

2. 方法

2-1. 実験条件

実験は1998年6月14日～7月7日の期間に名古屋工業大学環境実験室内に作成した天井高2400mmの2つのチャンバーにて実施した(図1)。2室とも無彩色(N8.5)の布で覆われ、エアコンにてそれぞれ独立に温度制御できる。実験条件は前室において熱的中立と考えられる作用温度27°Cおよび空調騒音45.9LAeqとし、実験室において作用温度5条件(27, 30, 33, 36, 39°C)・音5条件(空調騒音:46.8LAeq; 交通騒音:59.2, 73.1, 80.0, 95.4LAeq)

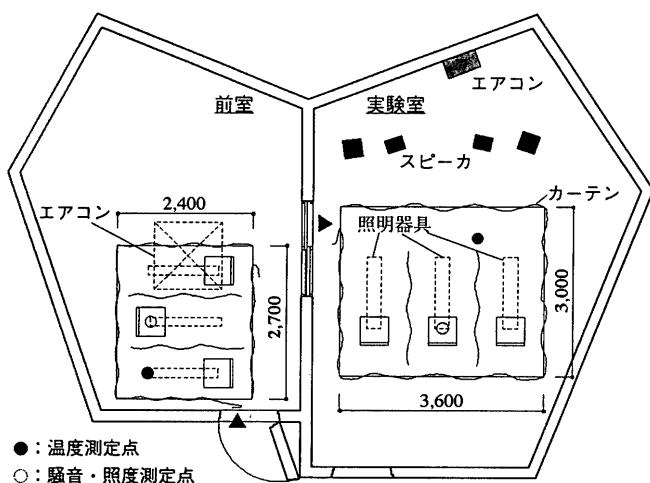


図1 実験室平面図

表1 実験条件

	前室		実験室			
作用温度[°C]	27	27	30	33	36	39
等価騒音レベル[LAeq]	45.9	46.8 59.2	46.8 59.2	46.8 59.2	46.8 59.2	46.8 59.2
照度[lx]	640	1030	1030	1030	1030	1030

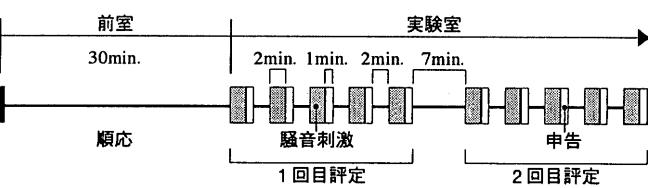


図2 タイムスケジュール

の組合せ25条件とした(表1)。作用温度の算出に用いる平均放射温度は500mmの立方体モデル¹⁸⁾としての人体と各周壁・床・天井面との形態係数および各表面温度を用いて算出した。相対湿度はおよそ30～70%、風速は0.15m/s以下の静穏気流とした。交通騒音には名古屋近郊の高速道路の橋上にてDATレコーダー(SONY TCD-D10 PRO II)で録音したものを利用した。実験を実施する際にアンプ(AIWA S-A22)のボリュームでレベルを調整することによって各音条件を実現した。また座席位置で等価騒音レベルができるだけ変わらないようスピーカーを配置した。等価騒音レベルの観測期間は空調騒音、交通騒音とともに2分間であった。照明には白色蛍光ランプを用い、床上700mm鉛直上向きの照度は前室でおよそ640lx、実験室で1030lxであり、各座席位置でほぼ等しかった。

2-2. 進行

図2に本実験のタイムスケジュールを示す。1つの温度条件について、実験開始前の被験者の生理的・心理的な履歴の影響を統制するため、前室にて30分間順応させた。その後実験室に移動し、2分間の音呈示後に1分間で申告を行い、これを2分間隔をあけて全音

表2 測定項目および測定方法

測定項目	測定方法	測定位置
气温	アスマン通風乾湿球湿度計 0.3mm φ T型熱電対	床上700mm 床上50mm, 700mm, 1100mm, 2300mm
相対湿度	アスマン通風乾湿球湿度計	床上700mm
グローブ温度	0.3mm φ T型熱電対	床上700mm
表面温度	グローブ温度計 0.3mm φ T型熱電対	床・壁・天井
等価騒音レベル	精密騒音計(RION NA-27A)	床上1100mm
照度	照度計(MINOLTA T-1H)	床上700mm
心理反応	直線単極尺度	

No. _____
暑くない ————— 噴い 騒がしくない ————— 騒がしい
寒くない ————— 寒い 静かでない ————— 静かな
暖かくない ————— 暖かい 明るくない ————— 明るい
涼しくない ————— 涼しい 暗くない ————— 暗い
うるさくない ————— うるさい におわらない ————— におう
No. _____
総合的に 不快でない ————— 不快 総合的に 快適でない ————— 快適
視覚的に 不快でない ————— 不快 視覚的に 快適でない ————— 快適
聽覚的に 不快でない ————— 不快 聽覚的に 快適でない ————— 快適
熱的に 不快でない ————— 不快 热的に 快適でない ————— 快適
嗅覚的に 不快でない ————— 不快 嗅覚的に 快適でない ————— 快適

図3 評定用紙

5条件について繰り返した。7分後に再び同じ順序で評定を繰り返し、より定常状態に近いと考えられるこの後半の評定を分析に用いた。被験者の生理的・心理的負担を考え、1日に2回以上の実験は行われなかつた。熱条件・音条件それぞれの順序効果を考慮しランダムに表示した。なお、実験室内は各温度条件に制御されているため、交通騒音の呈示期間以外は空調騒音が常にある状態であった。

2-3. 測定

表2に項目ごとの測定方法を示す。アスマン通風乾湿計で乾湿球温度、グローブ温度計にてグローブ温度を椅座人体のほぼ中心である床上700mmで測定した。鉛直方向の気温分布および周壁温、床温、天井温はT型熱電対(0.3mmφ)を用いて測定した。

心理反応の測定には感覚量10項目(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、におう)、各環境要因別の評価8項目(視覚的快適・不快、聴覚的快適・不快、熱的快適・不快、嗅覚的快適・不快)、全体的な評価2項目(総合的快適・不快)の計20項目の直線単極尺度を用いた。尺度の右端に評価語をおき、左端にはその否定語を添えた(図3)。被験者に対し、各評価語に対して左端は全く感じない状態、右端は最も強く感じる状態として申告するよう、直線単極尺度への申告方法を説明した上で、「室内全体の印象をそれぞれの評価項目ごとに答えてください。」と教示した。直線尺度による評定は全長を任意尺度100とし、数値に変換して処理した。

2-4. 被験者

19~36歳の健康な男子学生29名を被験者として採用した。実験前日からの禁酒と十分な睡眠、実験開始1時間前からの喫煙・刺激物(カフェインなど)の禁止、実験中の居眠りや必要以上の運動の禁止など、被験者の生理状態を統制するため注意を促した。実験中、被験者の着衣は各自のトランクスまたはブリーフのみのほぼ裸体とし、椅座安静状態にあった。被験者は全実験条件に参加し、実験終了後、被験者に対し報酬が支払われた。

3. 結果および考察

3-1. 環境条件と感覚量の関係

図4、5に各音条件ごとの作用温度と暑さ感、暖かさ感との関係を示す。図4より、作用温度が高いほどより暑さを感じる。図5より、27~33°Cの範囲では作用温度が高いほどより暖かさを感じるが、36°C、39°C条件では33°C条件と暖かさ感の申告はほぼ等しい。各申告ごとに熱条件・音条件の2要因の分散分析を行い、熱の主効果、音の主効果、交互作用の有意確率をもとめた¹⁹⁾(表3、4)。表3に示すように、暑さ感・暖かさ感とも熱条件の主効果について有意であったが(p<0.01)、音条件の主効果および熱・音の交互作用については有意ではなかった(p>0.1)。したがって、暑さ感、暖かさ感は熱条件の影響を受け、音条件に対しては独立的であるといえる。望月ら²⁰⁾、Mochizuki et al.²¹⁾は模擬窓から引き起こされる熱・グレア・騒音について検討し、等価騒音レベル50LAeq、60LAeq、70LAeqという比較的狭い範囲の音条件ではあるが、温冷感は騒音による影響を受けないとしている。本実験のように空間評価を行った実験とは異なるが、類似した結果といえる。またFanger et al.²²⁾は騒音条件を40dB(A)と85dB(A)の2段階とした実験において、騒音レベルは好みの温度(preferred temperature)に影響しないとし

ている。好みの温度は直接的な感覚量ではないため比較するのは困難だが、本実験での暑さ感・暖かさ感の結果と類似しているといえる。しかし、音源に自然音を用いた研究⁶⁾では「寒い・暑い」「涼しい・暖かい」の申告が音によって影響されるとしている。本実験では音源が空調騒音と交通騒音の2種類しかなく、音源の違いによる影響については今後の検討課題である。

図6~8に各熱条件ごとのLAeqとうるささ感、騒がしさ感、静かさ感との関係を示す。図6より、LAeqが高いほどよりうるささを感じる。表3に示すように、うるささ感において音条件の主効果(p<0.01)だけでなく熱条件の主効果(p<0.05)、熱・音の交互作用(p<0.01)のいずれにも有意であった。うるささ感において熱条件の多重比較を行った結果、27°C条件と36°C条件(Tukey's HSD test, t=3.99, p<0.1)で有意差があった。交互作用について単純主効果を検定した結果、59.2LAeq条件(F=8.94, p<0.01)、73.1LAeq条件(F=2.19, p<0.1)、95.4LAeq条件(F=2.17, p<0.1)において熱条件の効果が有意であった。図7より、LAeqが高いほどより騒がしさを感じる。表3に示すように、騒がしさ感において音条件の主効果(p<0.01)だけでなく、熱・音の交互作用(p<0.05)についても有意であった。交互作用について単純主効果を検定した結果、59.2LAeq条件(F=3.26, p<0.05)、73.1LAeq条件(F=2.63, p<0.05)で熱条件の効果が有意であった。図8より、LAeqが低いほどより静かさを感じる。表3に示すように、静かさ感において音条件の主効果(p<0.01)だけでなく熱条件の主効果(p<0.05)、熱・音の交互作用(p<0.01)のいずれにも有意であった。静かさ感において熱条件の多重比較を行った結果、27°C条件と33°C条件(Tukey's HSD test, t=4.68, p<0.05)、27°C条件と36°C条件(Tukey's HSD test, t=5.56, p<0.05)で有意差があった。交互作用について単純主効果を検定した結果、59.2LAeq条件(F=5.58, p<0.01)、73.1LAeq条件(F=4.26, p<0.01)で熱条件の効果が有意であった。したがって、うるささ感、騒がしさ感、静かさ感は熱条件の影響を有意に受ける場合があるといえる。西應ら²³⁾、西應²⁴⁾は街路空間のスライド・騒音・温熱の複合条件について研究を行っており、温度条件を28

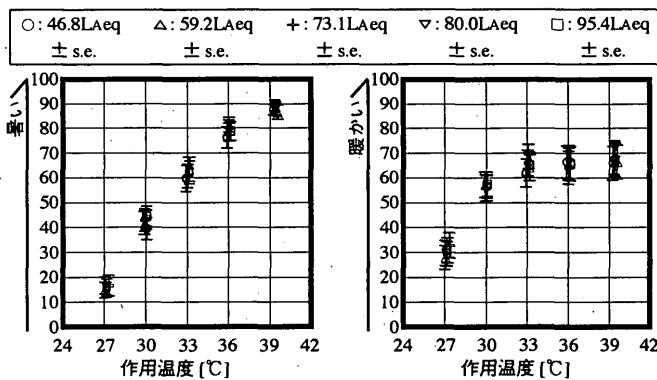
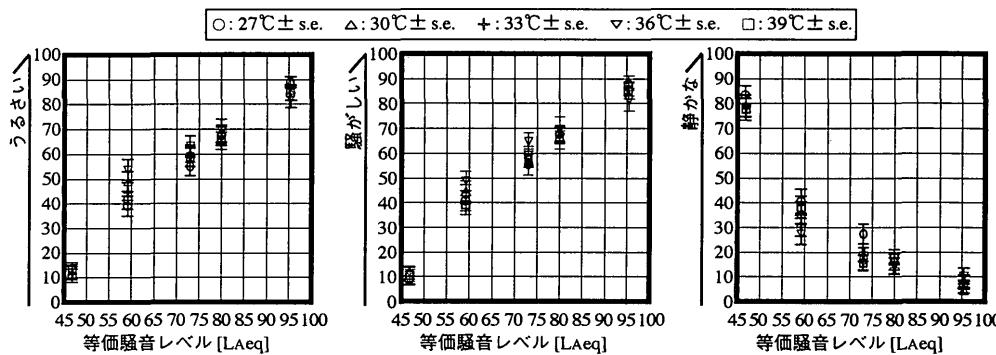


図4 作用温度と暑さ感の関係 図5 作用温度と暖かさ感の関係

表3 各感覚量の申告ごとの熱・音2要因の分散分析における各要因の主効果および交互作用の有意確率

probability	暑さ感	暖かさ感	うるささ感	騒がしさ感	静かさ感
熱の主効果	0.00	0.00	0.04	0.33	0.02
音の主効果	0.27	0.34	0.00	0.00	0.00
熱と音の交互作用	0.86	0.48	0.00	0.01	0.01

図 6 L_{Aeq} とうるささ感の関係 図 7 L_{Aeq} と騒がしさ感の関係

℃と34℃の2段階とした実験²³⁾では「静かな・騒がしい」尺度上の評価は熱条件によって影響され、熱による喧騒感の存在を示唆する一方、温度条件を26℃と28℃(SET*)の2段階とした実験²⁴⁾では熱的喧騒感の存在は確認できなかったとしている。本研究では59.2L_{Aeq}条件、73.1L_{Aeq}条件の場合、うるささ感、騒がしさ感、静かさ感に対し熱条件が有意に影響しており、前者の実験結果を支持する結果となっている。後者の実験においても温度条件にあまり差がないことを考えれば、本実験結果と矛盾しないと考えられる。

3-2. 環境条件と環境要因別の快適性・不快性の関係

図9、10に各音条件ごとの作用温度と熱的快適性、熱的不快性と

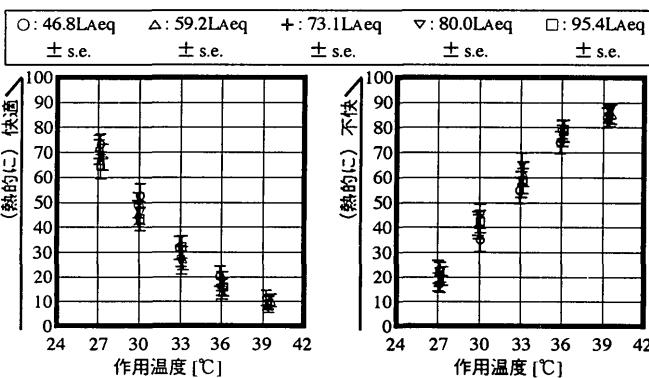


図 9 作用温度と熱的快適性の関係

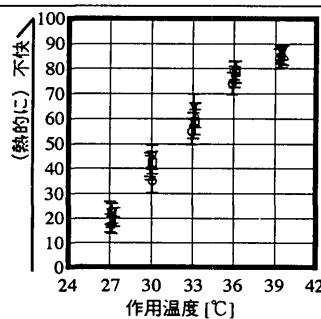


図 10 作用温度と熱的不快性の関係

表 4 各環境要因別の評価申告ごとの熱・音2要因の分散分析における各要因の主効果および交互作用の有意確率

probability	熱的快適性	熱的不快性	聴覚的快適性	聴覚的不快性
熱の主効果	0.00	0.00	0.11	0.10
音の主効果	0.01	0.00	0.00	0.00
熱と音の交互作用	0.05	0.25	0.12	0.01

表 5 热的快適性における音条件の主効果の多重比較

Tukey's HSD test	ave.59.2	ave.73.1	ave.80.0	ave.95.4
ave.46.8 =	37.75	3.92 *	4.01 *	4.02 * 4.86 **
ave.59.2 =	33.83	0.09	0.10	0.94 **: p<0.01
ave.73.1 =	33.74		0.01	0.85 *: p<0.05
ave.80.0 =	33.73			0.84
ave.95.4 =	32.89			

表 6 热的不快性における音条件の主効果の多重比較

Tukey's HSD test	ave.59.2	ave.73.1	ave.80.0	ave.95.4
ave.46.8 =	52.89	3.99 *	3.61 *	5.98 ** 4.32 **
ave.59.2 =	56.88	0.38	1.99	0.33 **: p<0.01
ave.73.1 =	56.50		2.37	0.71 *: p<0.05
ave.80.0 =	58.87			1.66
ave.95.4 =	57.21			

の関係を示す。図9より、作用温度が高いほど熱的快適性が下がる。しかし46.8L_{Aeq}条件では他の音条件よりもより「快適」と評価されている。表4に示すように、熱的快適性において熱条件の主効果($p<0.01$)だけでなく音条件の主効果($p<0.01$)、熱・音の交互作用($p<0.05$)のいずれにも有意であった。音条件の多重比較を行った結果(表5)、46.8L_{Aeq}条件と他の全ての音条件との間で有意差があった。図10より、作用温度が高いほど熱的不快性が上がる。しかし46.8L_{Aeq}条件では他の音条件よりもより「不快でない」と評価されている。

表4に示すように、熱的不快性において熱条件の主効果($p<0.01$)だけでなく音条件の主効果($p<0.01$)についても有意であった。音条件の多重比較を行った結果(表6)、46.8L_{Aeq}条件と他の全ての音条件との間で有意差があった。したがって、46.8L_{Aeq}条件においては他の音条件よりもより熱的に快適であり、また熱的に不快でないといえる。しかし、46.8L_{Aeq}条件の音源は温度制御の際に生じる空調騒音であり、他の4条件の交通騒音とは異なる。したがってこの傾向は単純に騒音レベルが低いからではなく、音源の違いによる被験者の印象の違いによる影響が含まれているために生じたと考えられる。

図11、12に各熱条件ごとのL_{Aeq}と聴覚的快適性、聴覚的不快性との関係を示す。図11より、L_{Aeq}が高いほど聴覚的快適性が下がる。しかし59.2L_{Aeq}、73.1L_{Aeq}条件では熱条件の違いによって聴覚的快適性が異なる。表4に示すように、聴覚的快適性において音条件の主効果が有意であった($p<0.01$)。また熱条件の主効果($p<0.15$)および熱・音の交互作用($p<0.15$)についても有意とはいえないが差があった。交互作用について単純主効果を検定した結果(表7)、59.2L_{Aeq}($p<0.05$)、73.1L_{Aeq}条件($p<0.01$)についてそれぞれ熱条件の効果が有意であった。図12より、L_{Aeq}が高いほど聴覚的不快性が上がる。しかし59.2L_{Aeq}、73.1L_{Aeq}条件では熱条件の違いによって聴覚的不快性が異なる。表4に示すように、聴覚的不快性において音条件の主効果($p<0.01$)だけでなく熱・音の交互作用($p<0.01$)についても有意であった。また熱条件の主効果($p<0.15$)についても有意とはいえないが差があった。交互作用に

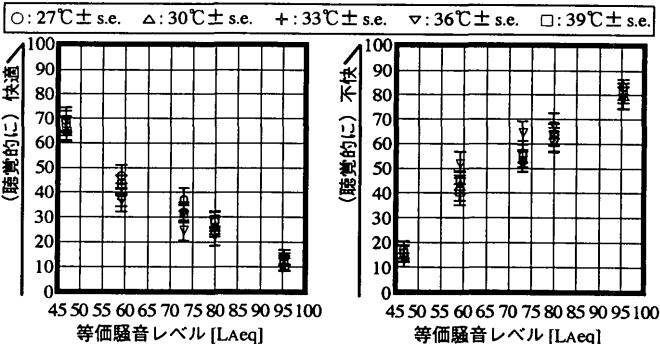
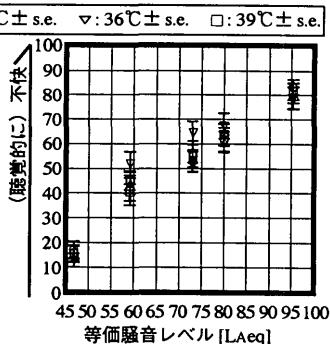
図 11 L_{Aeq} と聴覚的快適性の関係図 12 L_{Aeq} と聴覚的不快性の関係

表7 聴覚的快適性における交互作用の単純主効果

Simple main effect	SS	df	MS	F	p
温度 (46.8L Aeq)	372.69	4	93.17	0.57	0.69
温度 (59.2L Aeq)	1696.56	4	424.14	2.58	0.04
温度 (73.1L Aeq)	2233.76	4	558.44	3.39	0.01
温度 (80.0L Aeq)	748.68	4	187.17	1.14	0.34
温度 (95.4L Aeq)	217.91	4	54.48	0.33	0.86
誤差項: MSpool (温度)	560		164.52		
騒音 (27°C)	53411.17	4	13352.79	46.56	0.00
騒音 (30°C)	46593.48	4	11648.37	40.62	0.00
騒音 (33°C)	44649.14	4	11162.29	38.92	0.00
騒音 (36°C)	54981.90	4	13745.47	47.93	0.00
騒音 (39°C)	48118.94	4	12029.74	41.95	0.00
誤差項: MSpool (騒音)	560		286.782		

表8 聴覚的不快性における交互作用の単純主効果

Simple main effect	SS	df	MS	F	p
温度 (46.8L Aeq)	319.82	4	79.95	0.49	0.74
温度 (59.2L Aeq)	2687.73	4	671.93	4.12	0.00
温度 (73.1L Aeq)	2646.55	4	661.64	4.06	0.00
温度 (80.0L Aeq)	739.24	4	184.81	1.13	0.34
温度 (95.4L Aeq)	422.81	4	105.70	0.65	0.63
誤差項: MSpool (温度)	560		163.16		
騒音 (27°C)	70195.90	4	17548.98	63.46	0.00
騒音 (30°C)	64549.06	4	16137.26	58.35	0.00
騒音 (33°C)	68318.01	4	17079.50	61.76	0.00
騒音 (36°C)	75330.62	4	18832.66	68.10	0.00
騒音 (39°C)	69727.70	4	17431.92	63.04	0.00
誤差項: MSpool (騒音)	560		276.537		

について単純主効果を検定した結果（表8）、59.2L Aeq ($p < 0.01$)、73.1L Aeq 条件 ($p < 0.01$) についてそれぞれ熱条件の効果が有意であった。したがって、聴覚的快適性・不快性は熱条件の影響を有意に受ける場合があると考えられる。

3-3. 環境条件と総合的快適性・不快性の関係

図13、14に各音条件ごとの作用温度と総合的快適性、総合的不快性との関係を示す。作用温度が高いほど総合的快適性が下がり、総合的不快性が上がる。その傾向は46.8L Aeq 条件の時に最も顕著であり、L Aeq が上がるにつれて総合快適性が下がり、総合的不快性が上がる。図13、14より、熱と音の交互作用が存在することは明らかである。したがって総合快適性・不快性評価に対し熱と音の影響が十分に反映されており、これらの尺度によって熱条件と音条件が同時に評価可能であると考えられる。

3-4. 感覚量と環境要因別の快適性・不快性の関係

図15、16に各音条件ごとの暑さ感と熱的快適性・不快性との関係を示す。図15より、暑さを感じるほど熱的快適性が下がっており、暑さ感と熱的快適性は非常によく対応しているが、暑さを感じる程度ほどには熱的快適性は高くならない。双方の尺度に対応性があるとすると、快適さは対応する暑さ尺度の約8割程度である。しかし図16に示すように、暑さを感じるほど熱的不快性が上がっており、暑さ感と熱的不快性は用いた尺度の評定同志ではほぼ1対1に非常によく対応している。すなわち、熱的不快性と暑さ感との対応関係は、それぞれ異なる尺度であるにもかかわらずおよそ1対1であるが、一般に熱的不快性の反対語とされる熱的快適性と暑さ感との対応関係は、熱的不快性との対応関係と必ずしも対称的にはなっていない。

図17、18に各音条件ごとのうるささ感と聴覚快適性・不快性との関係を示す。図17より、うるささ感が高いほど聴覚的快適性が

下がっており、うるささ感と聴覚的快適性は非常によく対応しているが、うるささ感の低さの程度ほどには聴覚的快適性は高くならず、暑さの場合と同様に対応するうるささ尺度の約8割程度である。しかし図18に示すように、うるささ感が高いほど聴覚的不快性が上がっており、うるささ感と聴覚的不快性はほぼ1対1に非常によく対応している。すなわち、聴覚的不快性とうるささ感との対応関係は、それぞれ異なる尺度であるにもかかわらずおよそ1対1であるが、一般に聴覚的不快性の反対語とされる聴覚的快適性とうるささ感との対応関係は、聴覚的不快性との対応関係と必ずしも対称的にはなっていない。

これらは「快適」という日本語が直ちに「快感」を意味するものではないが、積極的に心地よいことから、中庸さ、またストレスからの解放など不快さが取り除かれることまでの広い意味合いを含む

○: 46.8L Aeq △: 59.2L Aeq +: 73.1L Aeq ▽: 80.0L Aeq □: 95.4L Aeq
± s.e. ± s.e. ± s.e. ± s.e. ± s.e.

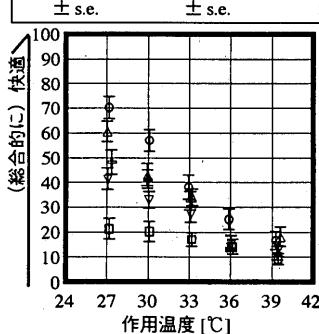


図13 作用温度と総合的快適性の関係

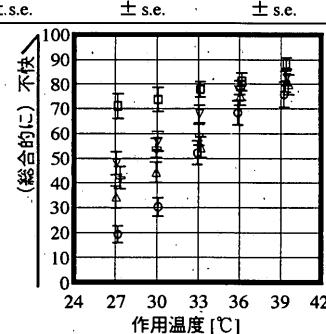


図14 作用温度と総合的不快性の関係

○: 46.8L Aeq △: 59.2L Aeq +: 73.1L Aeq ▽: 80.0L Aeq □: 95.4L Aeq
± s.e. ± s.e. ± s.e. ± s.e. ± s.e.

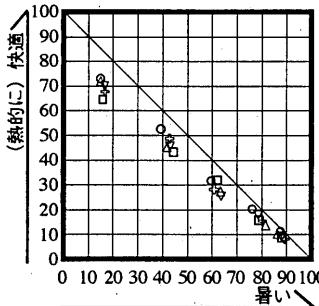


図15 暑さ感と熱的快適性の関係

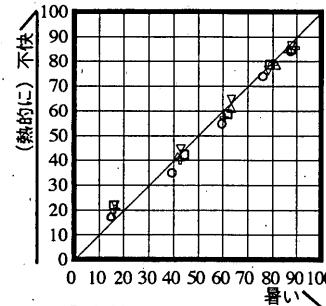


図16 暑さ感と熱的不快性の関係

○: 27°C ± s.e. △: 30°C ± s.e. +: 33°C ± s.e. ▽: 36°C ± s.e. □: 39°C ± s.e.

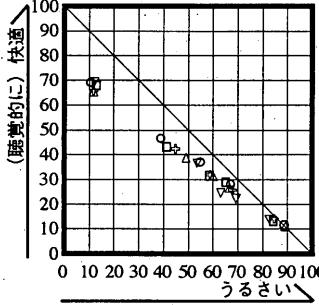


図17 うるささ感と聴覚的快適性の関係

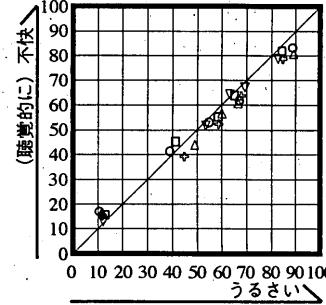


図18 うるささ感と聴覚的不快性の関係

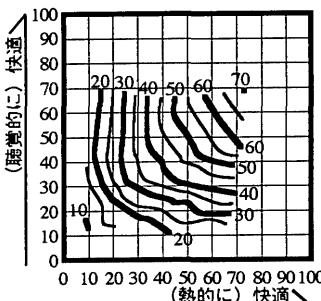


図 19 热・音快適性評価を基にした等快適線図

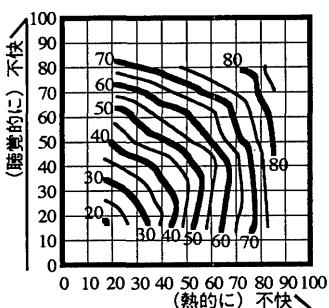


図 20 热・音不快性評価を基にした等不快線図

ことによると考えられる。すなわち「暑くない」あるいは「うるさくない」という定常的な状態はあくまでも熱的にあるいは聴覚的に「不快でない」状態が維持されているにすぎず、「快感」の意味合いを持たないため、熱的快適性、聴覚的快適性は対応する各感覚尺度の8割程度にとどまると推察される。少なくとも快適と不快が単純に対極的な意味になっておらず、「快適-不快」などの両極尺度を間隔尺度あるいは名義尺度として扱うことに問題点を示す結果といえる。

3-5. 各要因の快適・不快性と総合快適性・不快性の関係

図19に等しい総合快適性評価を与えるような熱的快適性・聴覚的快適性の各評価の組合せを線図として示す。熱的快適性と聴覚的快適性のレベルが同程度の場合は総合快適性は両方の快適性の影響を受けるが、一方の快適性評価が高く他方の評価が低い場合、総合快適性は低い方の評価と同等の評価となり、高い方の評価の影響をあまり受けない傾向にある。

図20に等しい総合不快性評価を与えるような熱的不快性・聴覚的不快性の各評価の組合せを線図として示す。図19の快適性の場合と対称的に、熱的不快性と聴覚的不快性のレベルが同程度の場合は総合不快性は両方の不快性の影響を受けるが、一方の不快性評価が高く他方の評価が低い場合、総合不快性は高い方の評価と同等の評価となり、低い方の評価の影響をあまり受けない傾向にある。

すなわち、熱または音によって快適側または不快側の評価の強さが拮抗していれば総合評価は両方の評価に依存するが、一方が他方と比べて極端に不快側にあれば他方の快適側の影響は排除されると考えられる。したがって特定の環境要因によって（消極的に）快適性が維持されていても他の環境要因によって不快となる場合、その環境は総合的には「不快」な、あるいは「快適」ではない環境であると判断されると考えられる。

Mori²⁵⁾²⁶⁾、森ら²⁷⁾、森²⁸⁾は多くの心理学的知見から、1つの属性・機能を複数通りに表現された情報は、どれか1つの情報のみが選択されるという排他原理に従って統合されるとしている。熱的快適性や聴覚的快適性が総合快適性という1つの心理的属性を複数通りに表現しているとするなら、本実験結果は排他原理を支持していると考えられる。

3-6. 複合影響の定量的表現

図21、22は等しい総合快適性・不快性評価を与える熱と音の組合せ条件を示す線図である。それぞれ横軸に作用温度、縦軸にL_{Aeq}をとっている。すなわち、これらは総合快適性・不快性の申告値をもとに5の間隔ごとにレベルが等価である温度・音条件を線図とし

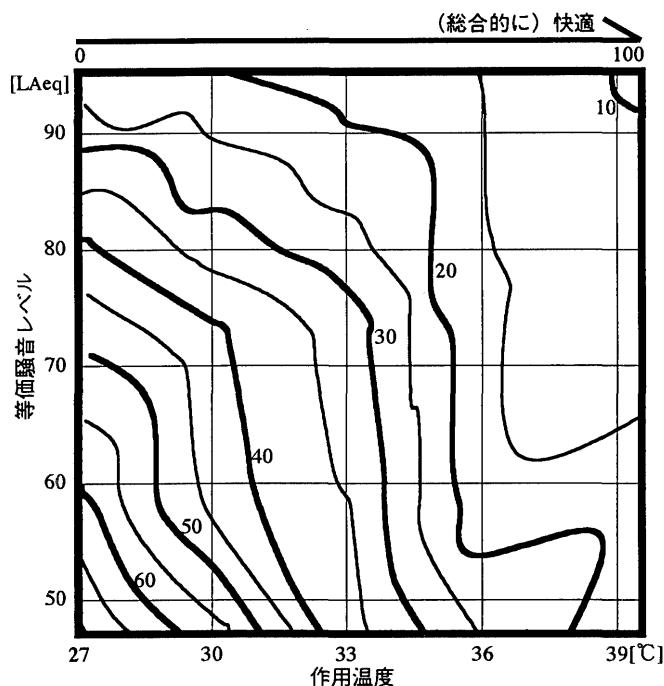


図 21 作用温度・等価騒音レベルを軸とした等快適線図

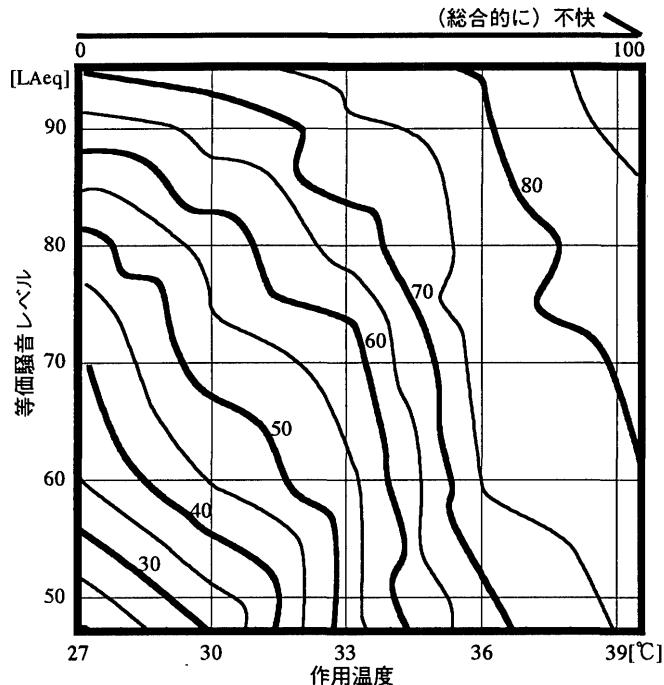


図 22 作用温度・等価騒音レベルを軸とした等不快線図

て表したものである。これらは環境の総合評価に対する熱と音の影響の度合を表しており、熱と音の快適性・不快性に及ぼす複合影響を量的に示している。さらに作用温度と等価騒音レベルから環境の状況を予測しうるものである。Horie et al.⁷⁾、堀江ら⁸⁾⁹⁾は各環境条件を单一要因によるストレスが著しくならない領域、すなわち中等度領域に限定することで、各要因のストレスの加算として総合的な不快さを量的に表現した。しかし前節に示したように、いわゆる中等度領域をこえた範囲については、ある条件が排他されるような場合が存在する。したがって中等度領域外を含めて複合影響を加算的に表現するのは困難である。また、Horie et al.⁷⁾、堀江ら⁸⁾⁹⁾の総合

評価予測は3段階のみで環境評価予測の実用面においては十分とはい難かった。ここに示す等快適線図・等不快線図は各要因の加算性に限定されておらず、また総合評価を比較的多段階に表しており、このような問題点を明確に解決していると考えられる。

4. 結論

本研究は、熱環境を熱的中立から暑熱側の条件に限定し、心理的な熱と音の複合評価実験を行った。その結果、熱条件はうるささ感・騒がしさ感・静かさ感、また聴覚的快適性・不快性に影響する場合があり、音条件は熱的快適性・不快性に影響することが見いだされた。したがって特定の環境要因に特化された感覚や評価についても他の環境要因が影響する場合があると考えられる。すなわち、これまでの研究^{5)~10)}で既に指摘されている通り、環境の心理的評価研究において改めて複数の要因を同時に取り扱うことの重要性が示されたといえる。

また、快適性と不快性をそれぞれ別個の尺度として測定することにより、「快適」と「不快」という言葉が心理評価語として必ずしも反対語にはなっていないことを実証的に示した。したがって「快不快」「快適・不快」のような両極尺度よりもそれぞれを単極尺度として用いる方が優位性があると考えられる。

各要素の快適性・不快性について、他に比べ極端に不快側の情報が与えられれば排他原理に従い、総合快適性・不快性はその不快側の情報に依存することが示された。したがって総合評価を向上させるためには、不快の原因となっている特定の環境要因を改善していく方が特定の環境要因による快適性を維持していくことよりも重要であると示唆される。

総合快適性・不快性に対し熱条件と音条件の影響が明らかに見られた。本研究において、等しい快適さ・不快さのレベルを与える熱的な快適さ・不快さ、聴覚的な快適さ・不快さの組合せを示す等快適線図・等不快線図、および作用温度と等価騒音レベルをそれぞれ軸とした等快適線図・等不快線図を作成・提案した。これらは熱と音の複合影響を量的に表現しており、熱と音の主効果だけでなく、熱と音の相互作用をも示せるものとなっている。本実験条件の範囲内の熱・音環境条件であれば、作用温度と等価騒音レベルの組合せから環境評価の予測も可能となる。

今後は寒冷環境においても実験を行い、寒冷環境をも含めた等快適線図を作成し、さらに実際の室内環境における調査を通して、線図の有効性について検証したい。

謝辞

本研究を進めるにあたり、実験の準備から進行、データ整理に至るまで多大な御協力を頂きました名古屋工業大学堀越研究室の皆さんに心より感謝の意を表します。

本論文に関する既発表論文

- 1)Naganô, K. and Horikoshi, T. : The relationship between the specific and non-specific psychological evaluation of the combined effect of sound and temperature, Proceedings of ICCHES(Yokohama), pp. 235-238, 1998
- 2)長野和雄、堀越哲美：熱と音が人体の快適性評価に与える複合影響とそれに基づく等快適線図の試作、日本生気象学会雑誌、Vol. 35、No. 3、p. 23、1999
- 3)長野和雄、堀越哲美：暑熱および交通騒音暴露環境下における複合影響とその定量的表現、日本建築学会東海支部研究報告集、第37号、pp. 609-612、1999

引用文献

- 1)Broadbent, D. E. : Differences and interactions between stresses, Quarterly Journal of Experimental Psychology, Vol. 15, pp. 205-211, 1963
- 2)大島正光：環境生理学、医歯薬出版株式会社、pp. 4-7、1967
- 3)中村雄二郎：哲学の現在・生きることを考えること、岩波新書、1977
- 4)中村雄二郎：共通感覚論・知の組みかえのために、岩波現代選書、1979
- 5)松原斎樹：複数の環境要因の組み合わせの影響に関する文献調査について、日本建築学会東海支部研究報告、pp. 161-164、1984
- 6)長野和雄、松原斎樹、藏澄美仁、合掌、顕、伊藤香苗、鳴海大典：環境音・室温・照度の複合環境評価に関する基礎的考察—特異的評価と非特異的評価の関係ー、日本建築学会計画系論文集、No. 490、pp. 55-62、1996
- 7)Horie, G., Sakurai, Y., Noguchi, T. and Matsubara, N. : Synthesized evaluation of noise, lighting and thermal conditions in a room, Proceedings of the International Conference of Noise Control Engineering (Krakow), pp. 491-496, 1985
- 8)堀江悟郎、桜井美政、松原斎樹、野口太郎：室内における異種環境要因がもたらす不快さの加算的表現、日本建築学会計画系論文報告集、No. 387、pp. 1-7、1988
- 9)堀江悟郎、桜井美政、松原斎樹、野口太郎：加算モデルによる異種環境要因の総合評価の予測、日本建築学会計画系論文報告集、No. 402、pp. 1-7、1989
- 10)松原斎樹：温度条件を含む環境評価における尺度について、ハウスクリマ研究ノート、No. 15、pp. 15-24、1989
- 11)Grether, W. F., Harris, C. S., Mohr, G. C. et al. : Effects of combined heat, noise and vibration stress on human performance and physiological functions, Aerospace Medicine, Vol. 42, pp. 1092-1097, 1971
- 12)Grether, W. F., Harris, C. S., Ohlbaum, M. et al. : Further study of combined heat, noise and vibration stress, Aerospace Medicine, Vol. 43, pp. 641-645, 1972
- 13)Viteles, M. S. and Smith, K. R. : An experimental investigation of the effect of change in atmospheric conditions and noise upon performance, ASHVE Trans., Vol. 50, pp. 167-182, 1946
- 14)Poulton, E. C. and Edwards, R. S. : Interactions and range effects in experiments on pairs of stresses: Mild Heat and low-frequency noise, Journal of Experimental Psychology, Vol. 102, No. 4, pp. 621-628, 1974
- 15)Bell, P. A. : Effects of noise and heat stress on primary and subsidiary task performance, Human Factors, 20(6), pp. 749-752, 1978
- 16)Yamazaki, K. et al. : The effects of temperature, light, and sound on perceived work environment, ASHRAE Trans., 104(1A), pp. 711-720, 1998
- 17)松原斎樹：暑くてうるさい空間「快適環境の科学」大野秀夫ら（著）、朝倉書店、pp. 56-68、1993
- 18)Horikoshi, T. and Kobayashi, Y. : Configuration factors between a rectangular solid as a model of the human body and rectangular planes, for evaluation of the influence of thermal radiation on the human body, Trans. of A.I.J., No. 267, pp. 91-101, 1978
- 19)桐木建始：第3章「心理学のためのデータ解析テクニカルブック」森 敏昭、吉田寿夫（編著）、北大路書房、pp. 85-175、1990
- 20)望月悦子、坂本 淳、岩田利枝、木村健一：温熱・グレア・騒音による複合感覚に関する実験研究（その1 騒音感・温冷感が他の不快要因に受ける影響）、日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）、D-1、pp. 725-726、1999
- 21)Mochizuki, E., Iwata, T., Sakamoto, S. and Kimura, K. : Subjective response to combined discomfort conditions with windows, Proceedings of ICCHES(Yokohama), pp. 243-246, 1998
- 22)Fanger, P. O., Breum, N. O. and Jerking, E. : Can color and noise influence man's thermal comfort?, Ergonomics, Vol. 20, pp. 11-18, 1977
- 23)西應浩司、松原斎樹：温熱の喧騒感に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）、pp. 1053-1054、1993
- 24)西應浩司：街路景観評価に「騒音」「映像」「熱」の与える影響、京都府立大学修士論文、pp. 1-61、1993
- 25)Mori, T. : Change of a frame of reference with velocity in visual motion perception, Perception & Psychophysics, 35(6), pp. 515-518, 1984
- 26)Mori, T. : Empirical integration principle of information represented in parallel in the human brain, Proceedings of International Joint Conference on Neural Networks, pp. 1147-1150, 1993
- 27)森 晃徳、佐分利真久ら：感覚・知覚系の脳内表現に関する調査研究、電子技術総合研究所調査報告、第215号、1986
- 28)森 晃徳：異種感覚情報の統合「認知心理学1 知覚と運動」乾 敏郎（編）、東京大学出版会、pp. 103-116、1995

(1998年12月10日原稿受理、1999年5月24日採用決定)