

教室の温熱環境と学生の温度感覚 —— 第一報 4月～7月調査 ——

太田武夫: 近藤益子

The Thermal Condition in the Classrooms
and Students' Thermal Sensation (Report 1)
— A Study done from April through July —

Takeo OHTA and Masuko KONDO

Dry-bulb and wet-bulb temperature in classrooms at the School were measured from April through July in 1990, by means of an Assmann ventilated psychrometer.

The thermal sensation of the female students was surveyed by a questionnaire at the same time. Correlation coefficients between the rates of thermal sensation and thermal indicators such as natural temperature, relative humidity, effective temperature and discomfort index were computed. And multiple regressions equations of these indications and partial correlation coefficients were also computed from the temperature and humidity.

These data showed that the students' thermal sensation in this season is primarily influenced by temperature and not so much by humidity. The relation between temperature and the rate of students who feel the heat was discussed.

Key words: thermal condition, thermal sensation, classroom, student

はじめに

暑さへの暴露はその程度や時間次第で人に熱中症といった病理的変化をもたらせるが、季節変化の程度でも人間の生理・心理状態や作業能率に影響を及ぼすことが指摘されている^{1)~4)}。学校や事務所の場合平均快適帯は19~24℃とされているが、わが国特に西日本地域での夏季は、人工空調設備がない教室の場合にはこの快適温度帯を越える環境となるため、暑さによって学習に集中しにくいという訴えが学生から出ることが少なくない。

そこで教室内の温度環境と学生の温度感覚との関連を把握し、学習環境の日常的評価の方策を考えたいと以下の研究を行った。

方 法

1990年4月～7月の間、岡山大学医療技術短期大学の講義室で授業中の温度環境を測定した。測定は柴田科学器械工業製の電動式アスマン通風乾湿計を用いて、乾球温度および湿球温度の値を0.2℃間隔で、教室中央の一点で座った学生のほば頭の高さで求め部屋の代表値とした。この値をもとに湿度、不快指数および感覚温度を算出した。湿度は器具付属の表によって相対湿度として求めた⁵⁾。

不快指数 (DI) は次式、 $DI = 0.72 (\text{乾球温度} + \text{湿球温度}) + 40.6$ から算出した。

また感覚温度は Vaglou のノモグラムにより求め、条件は上衣着用、軽労作、気流はゼロとした⁵⁾。気流をゼロとしたのは当大学の教室は東西

あるいは南北といった対応する2側面に窓がある部屋はなく、一般に気流は無視できる程度で、あっても位置によって微流、不規則、かつ複雑な気流となるため代表値を求めることが実際上困難であるからである。

上記温度環境測定と同時に、当学部女子学生に調査表を配布し、その時の温度環境にたいする感覚を5段階、すなわち「暑い」、「少し暑い」、「丁度」、「少し寒い」、「寒い」の項目の何れかを選択させることで調査した。以下訴暑率とするのは「暑い」とする者の全員にたいする百分率で、感暑率というのは「暑い」および「少し暑い」とする者

の合計の百分率である。

同様に「丁度」とするものを快適率として求めたが、寒さについては「寒い」としたものはいなかったため、「少し寒い」とするもののみの率を感涼率として求めた。

結 果

調査は延べ19回実施された。各回の対象学生数は19~63人である。

得られた各数値間の相関係数、各値の平均値と標準偏差および最高・最低値は表1に示した通りであった。

表1 指数間の相関係数及び各指数の平均値±標準偏差, 最低値~最高値

変数名	乾球温度	相対湿度	不快指数	感覚温度	感暑率	快適率	感涼率	M±SD	Min~Max
乾球温度	1.000	-0.019	0.901	0.916	0.852	-0.845	-0.597	26.8±2.3	23.5~32.0
相対湿度	-0.019	1.000	0.413	0.358	0.083	-0.162	0.260	59.1±13.3	34.0~92.0
不快指数	0.901	0.413	1.000	0.990	0.812	-0.839	-0.432	74.8±3.3	69.5~80.6
感覚温度	0.916	0.358	0.990	1.000	0.817	-0.828	-0.497	23.5±1.9	21.1~27.2
感暑率	0.852	0.083	0.812	0.817	1.000	-0.985	0.723	51.3±34.1	6.7~100.0
快適率	-0.845	-0.162	-0.839	-0.828	-0.985	1.000	0.594	42.5±29.3	0.0~89.7
感涼率	-0.597	0.260	-0.432	-0.497	-0.723	0.594	1.000	6.1±7.3	0.0~23.3

考 察

1. 各値の相関

暑さ、寒さを左右する因子は今回測定した乾球温度および相対湿度のほか、気流、輻射熱、運動量とそれに伴う人体の熱平衡の収支、着衣の状況などがある。また心理的には周囲の色調も関与する^{1),2),4),6),7)}。この内主要な要素である気流については、南北あるいは東西といった相対する二側面に窓がある部屋は無いため、また特に扇風機などの人工的換気の影響が無いがぎり、どの部屋も一般に無視できる流速であることが多いためゼロとした。また輻射熱についても、冬季暖房時でない限り特に考慮すべき放熱源はないので無視した。着衣については制服はなく、種類、枚数などの違いはとりどりであるため分類が困難で、学生がそれぞれ温度条件を考慮に入れた服装をしていることをむしろ評価の前提条件とした。

以上のようなことから、教室内の学生の暑さの感覚を基本的に乾球および湿球温度、あるいはこの両者から得られる諸指標を利用して評価するのが実際的であると云う前提で今回の調査は行われた。

表1に示されるごとくこの季節の23.5~32.0℃という温度範囲で、今回求められた指標間で最も相関係数の高かったのは感覚温度と不快指数である。この両者はもともと気温、気流の2指標から求めたものであるからある程度当然といえる。また感覚温度及び不快指数と相対湿度の相関係数は低いのに比して、乾球温度との相関が非常に高いことから、基本的に乾球温度がこの両指標を左右していることが伺える。同様に人の感覚から求めた感暑率および快適率が相対湿度とは相関が無く、乾球温度とは高い相関を示しているのも同じ傾向を示しているといえる。

さらに不快指数および感覚温度が外国人の感覚をもとに作られているのに対し、今回の対象は日本人、しかも若い女性であることによる違いが影響していることが考えられる⁸⁾⁻¹⁰⁾。

そこで感暑率 (Rhf) を基準変数とし、乾球温度 (Td) および相対湿度 (Hd) を説明変数とする重回帰式を求めると次式となる。

$$Rhf = 12.8Td + 0.26Hd - 307.5$$

そして乾球温度および相対湿度の偏相関係数はそれぞれ 0.8572, 0.1904 である。

以上の式および値から、若い日本人女性の季節変化の暑さにたいする感覚は、基本的に温度によ

って支配され、湿度の影響は少ないと云える。従って教室の暑さについての環境評価は、気流の影響が少ない場合は、必ずしも湿度を考慮した求め方の複雑な不快指数や感覚温度によらなくてもよいと考えられた。

2. 暑さと乾球温度の関係

暑さの感覚が基本的に乾球温度に支配されることは、感暑率と乾球温度の相関係数が 0.852 と高いことでもわかるが、この両者の相関図に、他の温度感覚の乾球温度からの回帰直線をあわせて示したのが図 1 である。

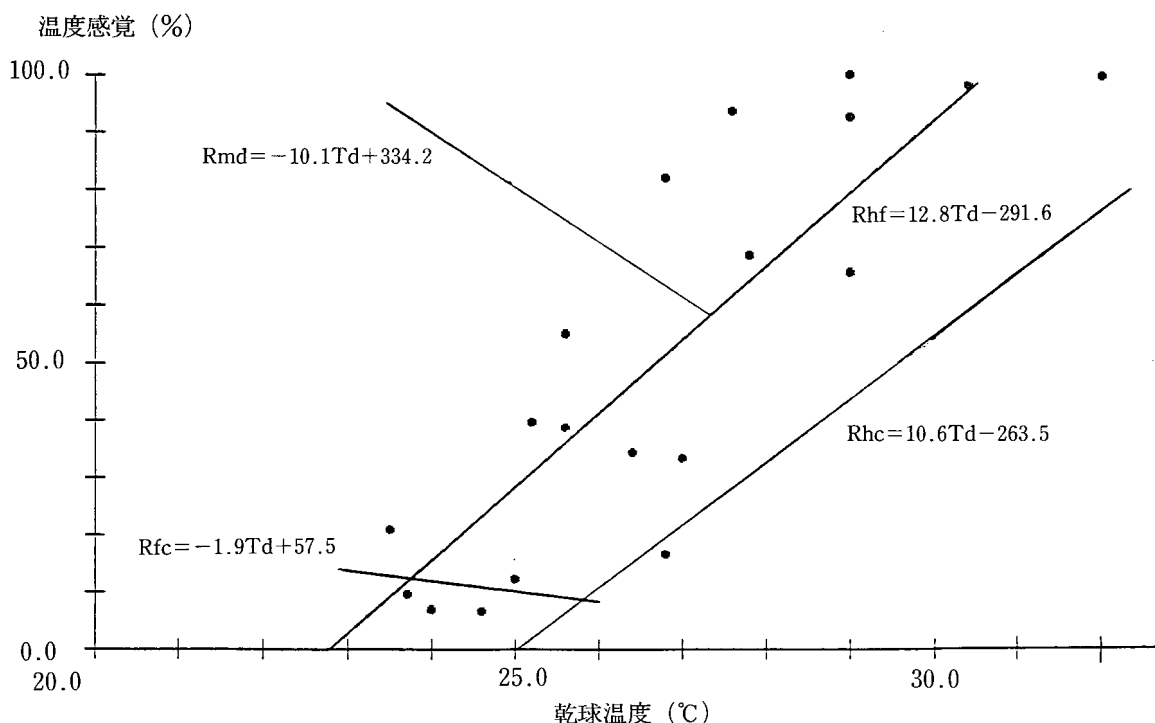


図 1 乾球温度と温度感覚の直線回帰
(プロットは感暑率 Rhf のみ)

感暑率の場合は 23℃ の時にほぼ 0 で、約 30℃ で 100% になる直線となる。ただ今回の結果では 24℃ あたりから以下の温度では感暑率はやや平坦化しているように見えるので、2 次曲線を想定して回帰式を求めると、

$$Rhf = -0.61Td^2 + 46.26Td + 745.39$$

となる。上記両式について実測値と予測地の差から得られる残差値を比較すると、2 次式のほうがやや低めであるが、大きな差はなく、この範囲では直線回帰で充分説明出来る。

物理的現象と人体の反応関係は U 字型あるいは凹型を示すこと少なくないが、今回の温度変化の

範囲では低い温度その傾向は顕著でなく、もう少し低い温度でのデータを加えて更に検討したい。

3. 暑さと寒さの感覚

図1の各温度感覚の変化をみると、25℃では暑いとするもの、丁度とするものそして低率ではあるが少し寒いとするものがあり、暑いとするものもこの温度から出始める。すなわち25℃付近が人間の温度に対する感受性の個人差がよく現われる温度であることがわかる。

表2 温度感覚の温度及び湿度による重回帰式及び偏相関係数
(室温範囲23.5~32.0℃)

温度感覚(%)	重回帰式	偏相関係数	
		乾球温度(Td)	相対湿度(Hd)
訴暑率	$Rhc = 10.6Td + 0.01Hd - 262.6$	0.8168	-0.0117
感暑率	$Rhf = 12.8Td + 0.26Hd - 307.5$	0.8572	0.1904
快適率	$Rmd = -10.9Td - 0.39Hd + 358$	-0.8592	-0.3323
感涼率	$Rfc = -1.9Td + 0.14Hd + 499$	-0.6134	0.3102

教室内の暑さが学生にどのような影響を与えるかは今回の資料からは推定出来ない。ただ暑いという感覚が常識的に考えて不快感を現わしていると考えれば、図1でわかるごとく、感暑率の回帰直線から1℃きざみ求めて50%を超える27℃(この場合暑いとするものは10%を超える)に注目出来る。

従来快適な温度帯としては感覚温度で平均感覚帯が19~24℃、極度快適帯が17.9~26℃といった数字が参考にされている¹⁰⁾。また27~28℃を超えると発汗の訴えが増加するとも云われている¹¹⁾。

これらを考えあわせて、教室の場合27℃という温度が暑さ対策を考える目安であろうと考える。

なお今回の対象者は女子学生で、女性が同じ温度をより涼しく感じることを考慮すれば男子学生の場合は別個に検討する必要がある。⁷⁾⁻⁹⁾

ま と め

以上当大学内での調査結果をもとに、女子学生の温度感覚を諸指標との関連で検討した。その結果、4~7月の教室内の暑さ感覚は基本的に乾球温度で評価できるが、25℃では個人の感受性によ

感暑率(Rhf)と同様、訴暑率(Rhc)、快適率(Rmd)及び感涼率(Rcf)の乾球温度及び相対湿度から求めた重回帰式及び偏相関係数は表2の通りである。偏相関係数から、温度感覚は基本的に温度に従うが、低い温度では湿度の影響を受けやすくなることがわかる。すなわち、ある温度帯では、湿度の高さが温度感覚を高くし、寒い時は逆に湿度の高さが寒冷感を増加させるという傾向を示すものである。

って感じ方にばらつきがあることを認めた。また27℃を越えると暑さの訴えが支配的となり暑さへの配慮が必要となると考えた。

なお本論文の要旨は第38回日本学校保健学会(鹿児島)において発表した。

参 考 文 献

- 1) Dukes-Dobos F.N. & Badger D.H.: Atmospheric variations in Occupational diseases, U.S. Department of Health, Education and Welfare, U.S. Government Printing Office, Washington, 497~503, 1977
- 2) 金谷貫一郎, 莊司栄徳: 高温労働の環境管理, 6~21, 中央労働防止協会, 東京, 1970
- 3) 正田 亘: 作業環境条件, 安藤端夫編, 産業心理学, 有斐閣双書, 東京, 122~127, 1977
- 4) 戸田嘉秋, 笹川祐成: 温熱条件と体温調節, 総合衛生公衆衛生学, 南江堂, 東京, 187~205, 1979
- 5) 三浦豊彦: 温熱指数, 新労働衛生ハンドブック, 労働科学研究所, 川崎, 32~43, 1982
- 6) Heins, A.P.: Hot and cold environment; in Environmental and occupational medicine, Little, Brown and Company, Boston, 733~741, 1983
- 7) 三浦豊彦: 至適温度の研究, 労働科学, 44: 431~453,

教室の温熱環境と学生の温度感覚

- 1968
- 8) 大木保男：体温調節，労働衛生，中央労働災害防止協会，東京，132～153，1976
- 9) 栃原 裕：高温，人間の許容限界ハンドブック，朝倉書店，東京，384～393，1990
- 10) 日本薬学会：気温，衛生試験法・注解，東京，1272～1291，1990
- 11) 阿久津綾子，三浦豊彦：至適温度の季節変動に関する研究（第2報），労働科学，39，122～139，1963

(1991年10月30日受理)