

集会室内の空気分布に関する実測および模型実験

An Experimental Study on Space Air Distribution

勝田 高司*・土屋 喬雄**・市川 智章*・正田 良次*

Takashi SHODA, Takao TSUCHIYA, Tomoaki ICHIKAWA and Ryoji SHODA

集会室の 1/10 模型による室内空気分布の測定結果から実物のそれを近似的相似則によって算出し、実物における測定値と比較し、実験方法および相似則の適用法を検討した。

1. 室内空気分布に関する相似条件

一般に空調されている室内では

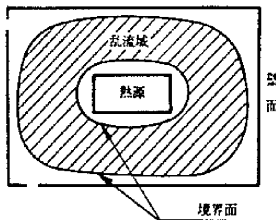
$$\left. \begin{aligned} \kappa \propto U \cdot L \\ \alpha \propto U \cdot L \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

κ : 渦動粘性係数

α : 渦温度伝播率

U, L : 代表的速度, 長さ

が成立することが、これまでの模型実験により確かめられている¹⁾。そこで室内を(1)式が成立する乱流域と、そうでない壁面近くの層とに分離し、乱流域での空気分布を相似にするための条件を求める。



第一に、乱流域での流体の挙動を示す運動方程式およびエネルギー方程式を、吹出速度 U 、吹出温度基準の乱流域内代表的温度 θ (ここでは、乱流域内の吹出温度基準の各点温度の平均値をとる) と L を用いて無次元化すると、次の三つの無次元数が得られる。

乱れのレイノルズ数 $R_r = \frac{U \cdot L}{\kappa}$

アルキメデス数 $A_r = \frac{g \beta \theta \cdot L}{U^2}$

乱れのペクレイ数 $P_r = \frac{U \cdot L}{\alpha}$

g : 重力加速度

β : 流体の体膨張率

これらを実物と模型とで等しくすることが、空気分布の相似条件となる。ところが(1)式より、 $R_r = \text{const.}$ 、 $P_r = \text{const.}$ となり、アルキメデス数を合わせることだけ

が相似条件となる。これを模型実験における U, L, θ の実物のそれらに対する縮率それぞれ n_u, n_l, n_θ で表わすと次のようになる。

$$\frac{n_l \cdot n_\theta}{n_u^2} = 1 \quad (2)$$

次に、乱流域周囲の境界面での熱平衡について考える。内部熱源周囲の境界面では、次式が成り立つ。

$$Q_H = - \int_{S_H} \lambda \left(\frac{\partial \theta}{\partial n} \right)_H dS_H + \int_{S_H} q_{RH} dS_H \quad (3)$$

Q_H : 熱源への供給熱量

λ : 乱流域における空気熱伝導率

$\left(\frac{\partial \theta}{\partial n} \right)_H$: 熱源周囲境界面における乱流域側垂直温度勾配

S_H : 熱源周囲境界面の面積

q_{RH} : 熱源表面の微小面積から室内全壁面へのふく射による流出熱量

また、室壁周囲の境界面では、次式が成り立つ。

$$\int_{S_W} \frac{1}{r} (\theta_0 - \theta_w) dS_W = - \int_{S_W} \lambda \left(\frac{\partial \theta}{\partial n} \right)_W dS_W + \int_{S_W} q_{RW} dS_W \quad (4)$$

r : 室内側壁面から室外までの熱抵抗

$\theta, \theta_0, \theta_w$: 吹出温度基準の、乱流域内温度、外気温度、室内側壁面温度

S_W : 室壁周囲境界面の面積

$\left(\frac{\partial \theta}{\partial n} \right)_W$: 室壁周囲境界面における乱流域側垂直温度勾配

q_{RW} : 室壁面の微小面積から熱源へのふく射による流出熱量

また、吹出口および吸込口を無視すれば、室内は閉空間とみなせるから

$$\int_{S_H} q_{RH} dS_H + \int_{S_W} q_{RW} dS_W = 0 \quad (5)$$

となる。いまここでいう境界面での温度分布が相似であると仮定すれば、相似条件が求められる。(3)式の左辺および右辺第1項の縮率は次のようになる。

$$n_{QH} = n_\lambda \cdot n_\theta \cdot n_l \quad (6)$$

一方、

$$\lambda = a \cdot \rho \cdot C_p \quad (7)$$

* 東京大学生産技術研究所 第5部

** 建設省 建築研究所

ρ, C_p : 空気の比重, 比熱

となり, これと(1)式より λ の縮率は

$$n_\lambda = n_u \cdot n_l \quad (8)$$

となり, (6)式は次のように書き変えられる.

$$n_{QH} = n_u \cdot n_l^2 \cdot n_\theta \quad (9)$$

(9)式が成立するように, Q_H をとれば, (3)式右辺の第2項および(4)式, (5)式の各項の縮率もすべて n_{QH} に等しくなる. したがって(9)式が内部熱源に関する相似条件となる.

2. 集会室内の空気分布に関する実測および模型実験

集会室内における空気分布を実測する機会が得られたので, これと相似な 1/10 模型を用いて前節で述べられた相似条件に従った方法で実験を行ない, 両者の測定結果を比較, 検討した.

集会室 (実物) 集会室の大きさは 39.0 m × 23.4 m × 6.42 m の直方体で, 周囲の室および廊下はすべて空調されている. 集会室の空調は, Fig. 1 に示すように, 長

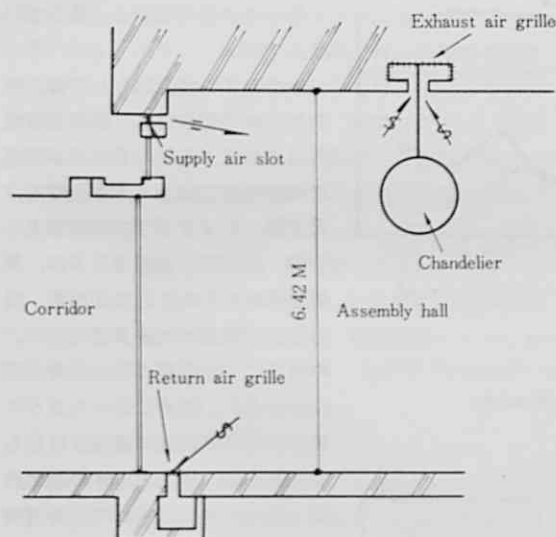


Fig. 1 Section of the Assembly Hall

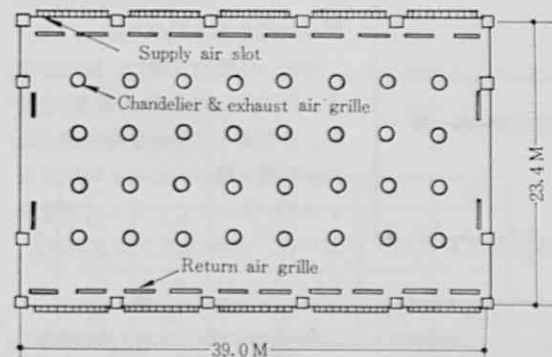


Fig. 2 Location of Chandeliers, Slots and Grilles in the Assembly Hall

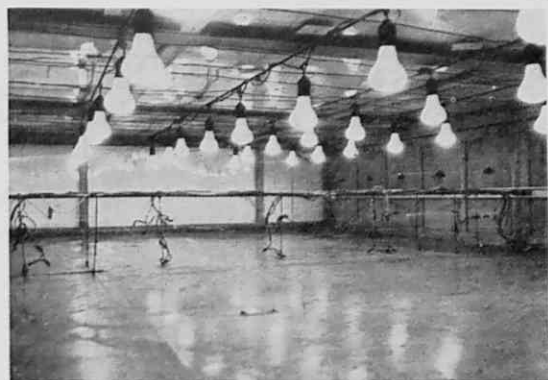


Photo. 1 The Model of the Assembly Hall

押し部のスロット型吹出口より吹出し, 床面および天井面のグリルから各々 2:1 の割合で吸込む方式である. それらの位置は Fig. 2 に示す. 照明は白熱電球によるシャンデリア 32 個と数十個の補助的な埋込み電球およびけい光灯によってなされている.

模型実験装置 模型の縮尺は 1/10 であり, 壁面の一部と床面はベニヤ板, 残りの壁面と天井面は透明アクリル板 (予備実験の際, 内部の気流を煙により観察するため) で構成されている. スロット型吹出口における吹出速度が均一になるように, 後方に断面積が吹出口に比べ十分大きく, 内部にサランメッシュを張ったチェンバーを取付け, 冷風を送る. 風量測定はダクト内に取付けた二つのノズルにより, 両側吹出口について各々測定する. 照明負荷はシャンデリアに対応する位置に取付けた定格 60W の白熱電球 32 個と, 天井面に均一に張られた温床線とで与える.

測定時の吹出しおよび室内負荷条件 集会室 (実物) での条件は

| | |
|-------|-----------|
| 吹出口速度 | 2.0 m/sec |
| 照明負荷 | 66.8 kW |

である. 集会室は外気に面しておらず, 隣室との室温の差もない. また測定時の人数は設計人数 (使用時の人数) に比べ無視できるため, 室内負荷は照明によるもののみである. 模型は $n_l = 1/10$ であることと, 実験装置機器の容量, 風速計の精度等から, (1), (9)式を用いて

$$n_u = 0.8 \quad (10)$$

$$n_\theta = 6.4 \quad (11)$$

$$n_{QH} = 5.12 \times 10^{-2} \quad (12)$$

となる. したがって模型での条件は次のようになる.

| | |
|-------|-----------|
| 吹出口速度 | 1.6 m/sec |
| 内部発熱量 | 3.42 kW |

測定方法 温度測定には 0.3 mmφ C-C 熱電対を用い, 気流速度測定には熱電対型熱線風速計を用いた. 居住域内では 0.1 m/sec 以下の微風速が予想されたため, 風速

研究速報

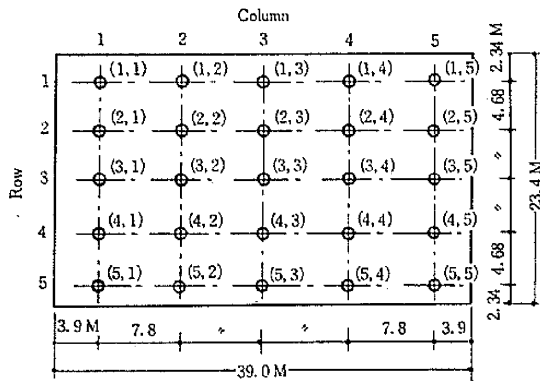


Fig. 3 Measuring Station

計検定の際、外乱を防ぐ必要があり、検定用風洞の前面に外乱防止装置を設けた。また検定の結果、0.05 m/sec を測定可能の下限とした。測定点は Fig. 3 に示す格子

点 (1,1) ~ (5,5) 実物での高さ床上 10cm (Lower Part) および床上 150cm (Upper Part) で、計50点である。

3. 結果および考察

集会室および模型での速度分布、温度分布を1行~3行の計30点について示したものが Fig. 4, Fig. 5 である。横軸は測定点、縦軸はそれぞれ速度および吹出温度基準の温度を表す。模型での速度、温度 (×印) は、(10), (11) 式を用いて実物に換算したものである。なお風速 0.05 m/sec 以下の点は△印で表わしてある。

速度分布 Row 1, Row 2 の Upper Part では、0.05 m/sec 以下の点を別とすれば一致している。しかし Row 3 の Upper Part では模型の風速が一様大きくなっている。また各 Row の Lower Part では風速の差よりも分布形のずれが多少目立つ。

温度分布 位置による温度の差は、模型、実物とほとんどなく、点(2,1)で実物の温度が多少大きくなっている他はよく一致している。

分布のずれの原因としては、次のことが考えられる。模型での吹出口の形状と実物のそれとが完全に相似ではないこと、また壁面、天井面、シャンデリア等の構成も実物ではかなり複雑であるが、模型は単純化したことなどから、吹出気流の軌道に相違が認められ、Row 3 のずれを起こしたと考えられる。また、初めに述べたように相似条件は乱流域に適用されるものであるが、床上 10cm の測定点はこの乱流域をはずれている可能性もあり、微風速の測定精度に関連して、室内乱流の実体をさらに明らかにする必要がある。

付記 本報告に対し、宮内庁の今井隆雄氏の熱心なる御協力を得、また東大生研助手寺沢達二氏には実験に際し有益なる御助言をいただいた。ここに記して謝意を表す。(1969年7月25日受理)

文 献

- 1) 勝田, 寺沢, 土屋: 室内空気の渦動粘性係数について, 日本建築学会学術講演梗概集, 昭和44年8月

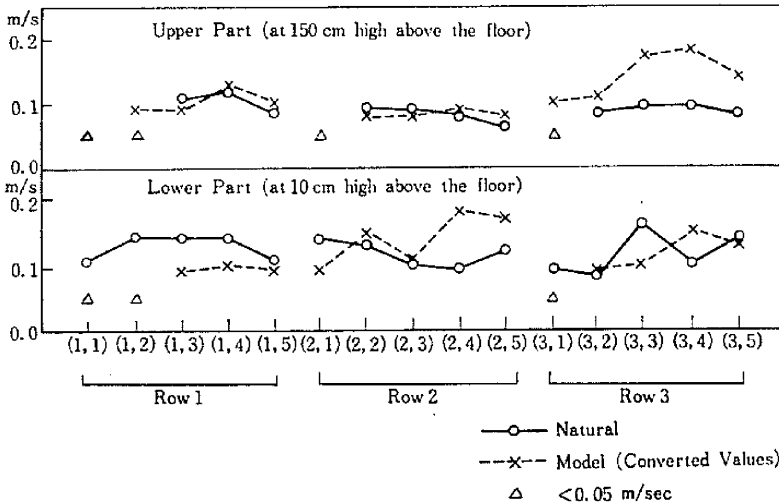


Fig. 4 Velocity Pattern

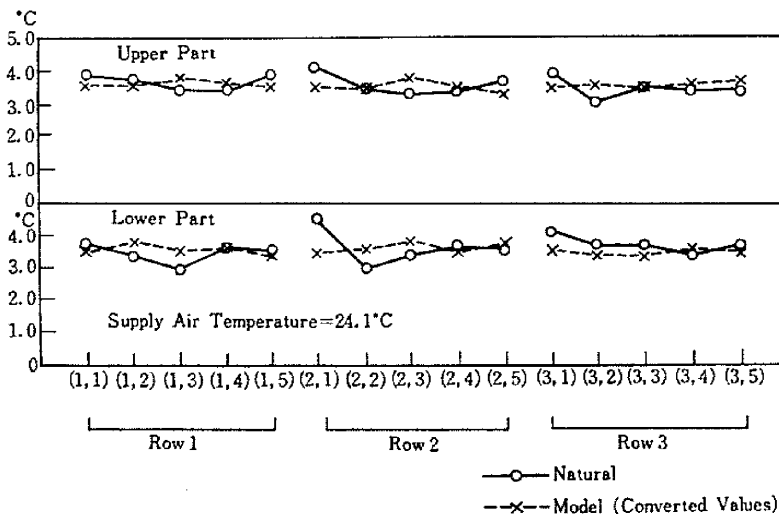


Fig. 5 Temperature Pattern