



Title	有効混合容積をもとにモデル化した容積と空気齢の関係 : 有効混合容積による通風空間の基礎的検討 その2
Author(s)	西澤, 繁毅; 繪内, 正道; 羽山, 広文 他
Description	2002年度大会(北陸)学術講演梗概集
Citation	大会学術講演梗概集. 計画系, 2002(D-2), 747-748
Issue Date	2002-06-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/50433
Rights	日本建築学会. 本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである.
Type	journal article
File Information	GKKK2002-D2_747-748.pdf



有効混合容積をもとにモデル化した容積と空気齢の関係

— 有効混合容積による通風空間の基礎的検討 その2 —

正会員 ○西澤 繁毅^{*1}同 繪内 正道^{*2}同 羽山 広文^{*3}同 森 太郎^{*4}

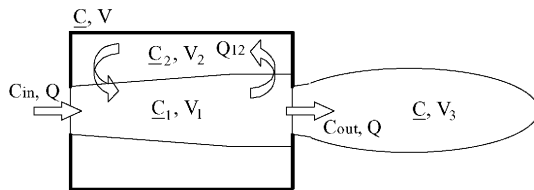
通風空間, 有効混合容積, 空気齢, 瞬時一様拡散仮定

1. はじめに

通風を対象とした研究は数多くなされてきたが、通風環境は内外の影響を複雑に受けるため、定量的な把握が難しいのが現状である。著者らは、換気測定における有効混合容積の概念を用いて定常通風空間をモデル化し、通風空間の定量的な性状の把握を行ってきた^{1), 2)}。本報では、有効混合容積をもとにモデル化した容積と、空気齢の関係について考察する。

2. 有効混合容積をもとにモデル化した容積

有効混合容積とは、室内に流入(放出)したトレーサーガスが瞬時一様拡散するとみなすことが可能な領域の容積のことであり、その概念を用いて図1のようにモデル化した領域1の容積 V_1 、領域L(領域1 $\cup$ 2 $\cup$ 3)の容積 V_L を、CFDで求めた濃度の経時変化から式1~7の各領域の関係式を用いて同定し、その容積を指標として通風場の性状の定量的な検討を試みている^{1), 2)}。



V : 空間全体の実容積 $[\text{m}^3]$ V_1, V_2, V_3 : 各領域体積 $[\text{m}^3]$
 C : 空間平均濃度 $[\text{m}^3/\text{m}^3]$ C_1, C_2, C_3 : 各領域平均濃度 $[\text{m}^3/\text{m}^3]$
 C_{in}, C_{out} : 流入、流出濃度 $[\text{m}^3/\text{m}^3]$ Q : 通風量 $[\text{m}^3/\text{h}]$
 Q_{12} : 領域1-2間の交換換気量 $[\text{m}^3/\text{h}]$

図1 通風空間モデル

$$(C_{in} - C_{out})Q + (C_2 - C_1)Q_{12} = d(C_1 V_1)/dt \quad (1)$$

$$(C_1 - C_2)Q_{12} = d(C_2 V_2)/dt \quad (2)$$

$$(C_{out} - C)Q = d(C V_3)/dt \quad (3)$$

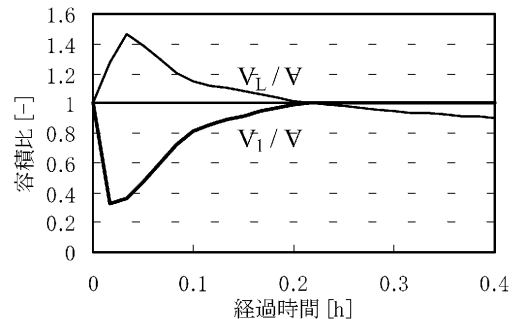
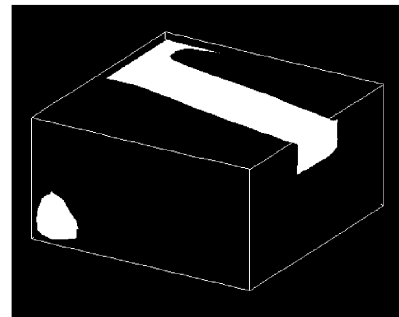
$$C_1 V_1 + C_2 V_2 = C V \quad (4)$$

$$V_1 + V_2 = V \quad (5)$$

$$V_1 + V_2 + V_3 = V_L \quad (6)$$

$$C_1 = C_{out} \quad (7)$$

この容積 V_1 、 V_L は、共に実容積に近いとき(流入空気による室内の混合の程度が高いとき)に特に大きく、経時的に変化する^{1), 2)}。図2に顕著な例を示す。対面した壁面中央に $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ の開口をもつ 1.8m 立方の空間に、開口面に 10° の角度で流入するケース(文献1, 2のTest3-1-3, 図3)である。このケースでは時間とともに容積 V_1 、 V_L が大きく変化している。 V_1 は $0.33V$ から V まで、 V_L は $0.86V$ から

図2 容積 V_1 、 V_L の経時変化図3 Test3-1-3 領域1 (領域1/2表示, $t=0.14\text{h}$, $V_1/V=0.90$)

$1.46V$ までの幅のある値をとり、 0.2h を過ぎると、 $V_1=1$ 、 $V_L<1$ となる結果となっている。

以上のように、容積 V_1 、 V_L が経時的に変化していくのは、流入口でステップアップ入力されるトレーサーガスの拡がっていく過程に左右されるためである。容積 V_1 、 V_L を、定常流れ場を定量的に表す指標としてとらえようとすると、時間の影響を受けない定常流れ場において、時間(ガスの放出に関する)と共に指標の値が変化していくのでは、この指標の取り扱いが非常に難しいものになる。

3. 容積 V_1 と局所空気齢分布の関係

容積 V_1 と局所空気齢分布の関係について考察する。

室内で瞬時一様拡散していると評価できるのは、室平均空気齢 $\langle \tau \rangle$ が名目換気時間 τ_n と等しいときであり、空気がすっぱ抜けていると評価されるのは、 $\langle \tau \rangle$ が τ_n を上回るときである($\eta = \tau_n / \langle \tau \rangle < 1$)。このとき、空気齢分布において、空間内に瞬時一様拡散しているとみなせる仮想的な領域(領域1 τ)を考える。

図4は、前出のTest3-1-3において、空間内各体積要素

Relation Between Age of Air and the Volume based on Effective Volume

Study on Spatial Characteristics of Cross Ventilation with the Effective Volume Index - Part 2

NISHIZAWA Shigeki, ENAI Masamichi, HAYAMA Hirofumi and MORI Taro

の名目換気時間 τ_n に対する局所空気齢 τ_p の比 τ_p/τ_n (局所空気交換効率 ε_p の逆数)を降順に整理し、横軸に累積した体積比をとった図である。この図において、

$$\int_0^{V_{1\tau}} \tau_p dV_s/V = \tau_n \quad \dots\dots\dots(8)$$

となる容積 $V_{1\tau}$ をとる領域が、流入した空気がすっぽ抜けて流出する空間($\eta < 1$)において、瞬時一様拡散しているとみなすことができる仮想的な領域 1τ となる(図4)。すなわち、領域 1τ における仮想的な平均空気交換効率 $\eta_{1\tau}$ を考えると、

$$\eta_{1\tau} = \tau_n / \langle \tau_{1\tau} \rangle = \tau_n / \left(\int_0^{V_{1\tau}} \tau_p dV_s/V \right) = 1 \quad \dots\dots\dots(9)$$

となり、この領域内は流入空気が瞬時一様拡散しているといふことができるということである。

以上のようにして求めた領域 1τ の容積 $V_{1\tau}$ は図5に示されている。経時的に変化する領域 1 と局所空気齢分布から求めた領域 1τ は、共に、流入空気がすっぽ抜けて流出する空間において瞬時一様拡散するとみなすことができる領域を示しており、本質的に同じものだといえる。ただし、領域 1 は時々刻々変化していく濃度分布から求めているのに対し、領域 1τ は濃度変動を時間的に平均化した局所空気齢の分布から求めている点が異なり、容積 $V_{1\tau}$ は、容積 V_1 の時間平均値を表すことになる。

4. 容積 V_L と室平均空気齢の関係

容積 V_L と室平均空気齢 $\langle \tau \rangle$ の関係について考察する。

式1～7から、以下の領域 L に関する収支式が得られる。

$$(C_m - C)Q = d(CV_L)/dt \quad \dots\dots\dots(10)$$

この式10において、容積が時間によって変化しないと仮定すると、次式が得られる。

$$C = 1 - \exp(-Qt/V_L) \quad \dots\dots\dots(11)$$

式11は、室内平均濃度の時間変化を示しており、この室の室平均空気齢 $\langle \tau \rangle$ は、

$$\langle \tau \rangle = V_L/Q \quad \dots\dots\dots(12)$$

となり、平均空気交換効率 η は、

$$\eta = \tau_n / \langle \tau \rangle = (V/Q)(Q/V_L) = V/V_L \quad \dots\dots\dots(13)$$

となるから、次式を得る。

$$V_L = (1/\eta)V \quad \dots\dots\dots(14)$$

式14は、領域 L の容積 V_L が、実容積 V の $(1/\eta)$ 倍 $=\langle \tau \rangle/\tau_n$ 倍となることを示している。

以上の展開は、容積が経時的に変化しないことを仮定しているが、 V_L が経時的に変化しているときは、 $1/\eta$ は、 V_L/V の時間平均値を示していると考えられる。図4には、局所空気齢分布に平均空気交換効率の逆数 $1/\eta$ を示す。また、容積 V_1 、 V_L の経時変化を示す図5に $1/\eta = \langle \tau \rangle/\tau_n$ を示す。 $1/\eta$ が、経時的に変化する V_L/V の時間平均値を示していることが分かる。

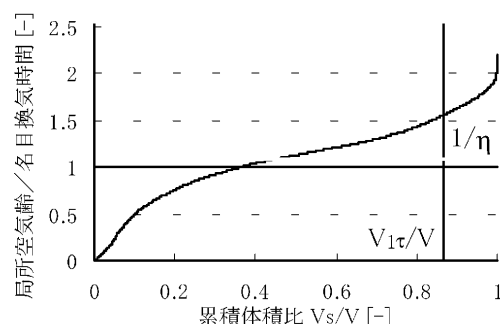


図4 局所空気齢分布

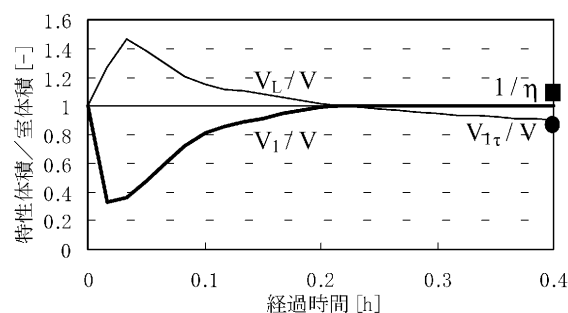


図5 容積 V_1 、 V_L と $V_{1\tau}$ 、 $1/\eta$

5. まとめ

有効混合容積をもとにモデル化した容積 V_1 、 V_L と、空気齢の関係について考察を行った。その結果、局所空気齢 τ_p の分布から得られる容積 $V_{1\tau}$ は、経時的に変化する容積 V_1 の時間平均値を表すこと、また、容積 V_L と実容積 V の比 V_L/V の時間平均値は、平均空気交換効率 η の逆数になることが分かった。時間的に変化する容積 V_1 、 V_L を、空気齢を用いて表される時間平均値でまとめることで、定常通風場の性状を表す定量的な指標として、簡潔に扱うことが可能になると考えられる。今後は、室の形状、開口の配置、風向風速等の多様な条件に応じた容積 V_1 、 V_L を同定し、データを蓄積して通風空間の定量的な性状把握を進めるとともに、通風空間を対象としたマクロモデル解析の方途を探っていくことを考えている。

参考文献

- 1) 西澤繁毅, 繪内正道, 羽山広文, 森太郎: 有効混合容積による通風空間の基礎的検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集D-2, pp.647-648, 2001.9
- 2) 西澤繁毅, 繪内正道, 羽山広文, 森太郎: 有効混合容積を指標とした通風空間の換気特性について, 日本建築学会技術報告集, 第14号, pp.165-170, 2001.12

*1 独立行政法人建築研究所 環境研究グループ 博士(工学)
 *2 北海道大学大学院工学研究科 教授・工博
 *3 北海道大学大学院工学研究科 助教授・博士(工学)
 *4 北海道大学大学院工学研究科 助手・博士(工学)

*1 Building Research Institute, Dr.Eng
 *2 Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr.Eng.
 *3 Assoc. Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr.Eng.
 *4 Instructor., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr.Eng.