

機関番号：14501

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21760450

研究課題名（和文） 単一ガス濃度測定による隙間量推定法に関する研究

研究課題名（英文） A Method for Estimating Discharge Coefficients of Openings  
between Multiple Rooms using One Type of Tracer Gas

研究代表者

藤田 浩司 (FUJITA KOJI)

神戸大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号：40513536

研究成果の概要（和文）：住宅の高気密化に伴い、空気質保全のために住宅内部の適切な換気経路および換気量の確保が必要となっている。任意の条件において定量的にこれらの検討を行えるようにするためには、各室間の隙間面積を知ることが必要となる。そこで、室間に温度差のある住宅の室内で1種類のトレーサーガスを発生させたときの各室の温度・濃度を用いて各室の質量収支式・濃度収支式を連立させて解くことにより、未知数である各室間の隙間面積を推定する方法を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：We found a new method for estimating effective flow areas not only in the external wall of a house but also in the internal walls between rooms using only one type of tracer gas. The discharge coefficient of each wall and the pressure in each room—which are unknown variables—are determined using nonlinear simultaneous equations, which consist of balance equations for the air mass and tracer-gas concentration in the rooms.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	2,000,000	600,000	2,600,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：建築環境工学

科研費の分科・細目：建築学・建築環境・設備

キーワード：隙間，流量係数，多室間換気，トレーサーガス，ニュートン法

## 1. 研究開始当初の背景

住宅におけるシックハウス対策を目的として機械換気設備の設置が平成15年の建築基準法改正において義務付けられた。しかし、複数の室を経由する換気経路の場合、各室間の扉等に適切な面積の開口が設けられていないと、住宅全体もしくは一部の部屋において必要換気量が確保されない場合がある。

各室間の空気流量を確認する方法としては、一種類もしくは多種類のトレーサーガス

を室内で発生させたときの各室の質量収支と濃度収支を満足する室間空気流量を求める方法がある。しかし、空気流量は外部風速や温度、換気設備の換気能力等に応じて変動するため、測定時の条件下における空気流量しかわからない。また、多種類のトレーサーガスを用いる方法は、用いるガスの種類数に応じて適用できる室数に制限がある。

任意の条件下において各室間の空気流量を定量的に扱う方法としては、空気流量は室

間圧力差の  $1/c$  乗 ( $1 \leq c \leq 2$ ) に比例するとして扱い、それぞれの室間開口の特性に応じた  $c$  および比例係数を用いて各室間空気流量を表す方法が用いられている。また、 $c$  を 2 に固定して比例係数のみをその開口の特性値として扱う方法もある。 $c$  が 2 でない場合、後者の方法で表される流量が前者の方法で表される流量と一致するのは 1 つの圧力差においてのみであるが、室間圧力差がこの圧力差に近い場合や  $c$  が 2 に近い場合にはそれぞれの方法が表す流量の差は小さく、後者の方法を用いると比例係数のみの 1 つの値で開口特性を表すことができる。

後者の方法で流量を表す場合の比例係数は流量係数という値で表され、前者の方法で表される流量との一致を考える基準圧力差に応じて定められる。日本では  $9.8\text{Pa}$  を基準圧力差とすることが多い。このような特定の圧力差を基準圧力差として後者の方法の流量係数を求める場合、前者の方法で表す場合の  $\alpha$  および比例係数も必要となる。この値を調べる方法には、試験装置（圧力箱）を用いる方法があるが、測定対象とする扉等を取り出して試験を行う必要がある。測定対象とする扉等を実際の住宅に備え付けた状態で、強制給気もしくは強制排気により室を加圧もしくは減圧して測定対象とする扉等の前後の圧力差を測定し、同時に測定する強制給気もしくは強制排気の量をその開口における空気流量とみなすことによりその開口の空気流量と圧力差の関係を調べることも可能であるが、測定対象とする開口以外は密閉するか開口前後の圧力差が 0 となるようにする必要があり、多数室間の開口の空気流量と圧力差の関係および流量係数を同時に求めることはできない。

そこで、多数室間の開口の流量係数を同時に求めることができる方法が求められている。

## 2. 研究の目的

多数室間の開口の流量係数を同時に求める方法として、一種類のトレーサガスを室内で発生させ、各室の質量収支と濃度収支を満足する各室間開口の流量係数を求めるという方法が考えられる。そこで本研究は、質量収支式と濃度収支式に含まれる室間空気流量を流量係数を用いて表し、質量収支と濃度収支を同時に満足する流量係数を推定する方法を構築することを目的とした。

## 3. 研究の方法

まずこの流量係数の推定方法を構築し、室間換気量の計算にこの流量係数を用いることの妥当性について検討した。さらに、温度・濃度分布が完全に一樣ではない現実の状況におけるこの流量係数推定方法の妥当性を模型実験により確認した。

## 4. 研究成果

(1) 非線形連立方程式の数値解法による流量係数推定法

### ①連立させる収支式及び未知数

多数室において、発熱および 1 種類のガスの発生をそれぞれ任意の室で行ったとき、各室の質量収支式と濃度収支式は式(1)、式(2)のようになる。

$$\{V_n \frac{d\rho_n}{dt}\} = -[I]\{w_m\} \quad (1)$$

$$\{V_n \frac{d\rho_n C_n}{dt}\} = -[I]\{(wC)_m\} + \{(W_c)_n\} \quad (2)$$

ここで、 $n$  は室番号 ( $1 \sim N$ )、 $m$  は開口番号 ( $1 \sim M$ ) を表す。また、 $\{ \}$  はベクトル、 $[ \ ]$  は行列を表し、 $[ I ]$  は各室間のつながりを表すインデックス行列とする。 $\{w_m\}$  は各室間の正味空気流量 [ $\text{kg}_{(\text{air})}/\text{s}$ ]、 $\{(wC)_m\}$  は各室間の正味ガス流量 [ $\text{kg}_{(\text{gas})}/\text{s}$ ]、 $\{(W_c)_n\}$  は室  $n$  のガス発生量 [ $\text{kg}_{(\text{gas})}/\text{s}$ ]、 $V_n$  は体積 [ $\text{m}^3$ ]、 $\rho_n$  は密度 [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] を表す。質量収支式・濃度収支式は、各室 1 つの温度・濃度状態につきそれぞれ室数分 ( $N$  式) 作ることができ、合計 ( $2N$ ) 式作ることができる。

これらの収支式に含まれる正味空気流量  $\{w_m\}$  と正味ガス流量  $\{(wC)_m\}$  はそれぞれ式 (3)、(4) のように各壁面隙間の流量係数  $\alpha_m$ 、各室の密度  $\rho_n$ 、各室の濃度  $C_n$ 、各壁面の幅  $B_m$ ・高さ  $H_m$  および中性帯高さ  $h_{mm}$  を変数として表現される。

$$(wC)_m = f_2(\alpha_m, C_n, \rho_n, B_m, H_m, h_{mm}) \quad (3)$$

$$w_m = f_1(\alpha_m, \rho_n, B_m, H_m, h_{mm}) \quad (4)$$

式(3)(4)において、流量係数  $\alpha_m$  と中性帯高さ  $h_{mm}$  が未知数であり、他の値は温度、濃度および形状の測定により知ることができる。 $h_{mm}$  は室間圧力差  $P_m$  の関数であり、 $P_m$  は式(5)のように各室の圧力によって表される。

$$\{P_m\} = [I']\{P_n\} \quad (5)$$

これらより、式(1)、式(2)は各隙間の流量係数  $\alpha_m$  と各室の圧力  $P_n$  を未知数とする式となる。

未知数の数について考えると、流量係数  $\alpha_m$  は開口数分 ( $M$  個) 存在し、各室の床面圧力  $P_n$  は室数分 ( $N$  個) 存在するので、合計 ( $M+N$ ) 個存在する。

### ②推定に必要な温度・濃度状態の数

( $M+N$ ) 個の未知数を得るためには少なくとも ( $M+N$ ) 個以上の式が必要となる。1 つの温度・濃度状態より作られる式の数 ( $2N$ ) が未知数の数 ( $M+N$ ) よりも少ない場合、新たな温度・濃度状態を作り、式の数を増やす必要がある。その方法としては、発熱およびガスの発生条件を変えて新たな定常状態をつくる方法 (定常法) と、過渡的な温度・濃度変化においての新たに別の時点の温度・濃度を

用いる方法(非定常法)が考えられる。温度・濃度状態の数が1つ増えると、式の数は2N個増える。一方、流量係数 $\alpha$ は温度・濃度の影響を受けずに一定値であると考え、未知数の増える個数は、新たな室圧力がN室分増えるため、N個である。このように、温度・濃度の定常状態の数を増やしたとき、式の数は未知数の数よりも多く増えるため、温度・濃度の状態の数をある数Kよりも大きくすると、式の数(2NK)は未知数の数(M+NK)よりも多くなる。温度・濃度の温度・濃度状態の少なくとも必要とされる数Kは式(6)のように示される。

$$2NK \geq M + NK \Leftrightarrow K \geq \frac{M}{N} \quad (6)$$

### ③ニュートン法による流量係数推定法

未知数が各隙間の流量係数 $\alpha_m$ と各室の床面圧力 $P_n$ である各室の質量収支式と濃度収支式を連立させて解く方法について示す。流量係数 $\alpha_m$ と室圧力 $P_n$ の関係は非線形であるため、非線形連立方程式の数値解法であるニュートン法を用いる。ニュートン法による流量係数推定法のフローを図1に示す。

I) 連立方程式を解くにあたり式と未知数の数を等しくするために、(2NK)個ある式から(M+NK)個を選ぶ。選ぶ組み合わせは ${}_{2NK}C_{M+NK}$ 組あり、 ${}_{2NK}C_{M+NK}$ 組全てに対し $y = 1 \sim {}_{2NK}C_{M+NK}$ と番号をつけ、その後 $y = 1$ の非線形連立方程式から順に解く。

II) 未知数である各流量係数 $\{\hat{\alpha}_m\}$ 、各床面圧力 $\{\hat{p}_n\}$ を仮定する。添え字kは温度・濃度状態の番号(k=1~K)を表す。これらの値は仮定値であるため誤差を含む。

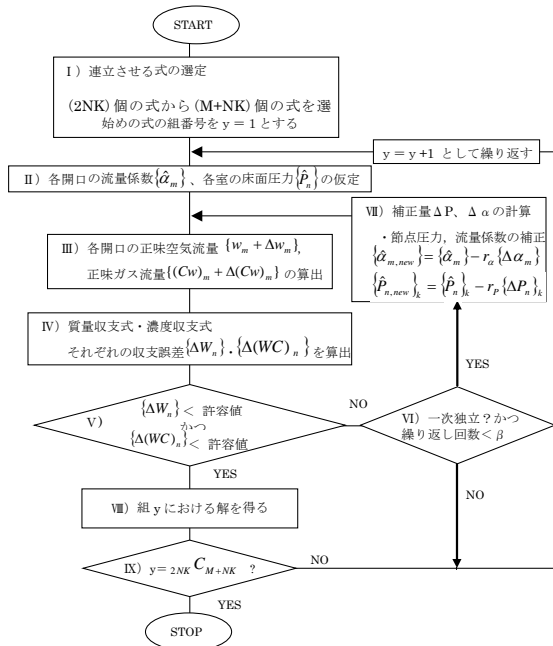


図1 流量係数推定法のフロー

III) 式(7)より各開口の圧力差を求め、式(8)、(9)より各開口の正味空気流量・正味ガス流量を算出する。

$$\text{・ 圧力差 (誤差含む)} \\ \{p_m + \Delta p_m\}_k = [I]^T \{\hat{p}_n\}_k \quad (7)$$

$$\text{・ 正味空気流量 (誤差含む)} \\ \{w_m + \Delta w_m\}_k = \{f_1(\hat{\alpha}_m, p_m + \Delta p_m)\}_k \quad (8)$$

$$\text{・ 正味ガス流量 (誤差含む)} \\ \{(wC)_m + \Delta(wC)_m\}_k = \{f_2(\hat{\alpha}_m, p_m + \Delta p_m)\}_k \quad (9)$$

IV) 式(10)、(11)より各室の質量収支誤差 $\{\Delta W_n\}_k$ ・濃度収支誤差 $\{\Delta(WC)_n\}_k$ を算出する。

$$\{\Delta W_n\}_k = -[I]\{w_m + \Delta w_m\}_k - \left\{V_n \frac{d\rho_n}{dt}\right\}_k \quad (10)$$

$$\{\Delta(WC)_n\}_k = -[I]\{(wC)_m + \Delta(wC)_m\}_k + \{W_n\}_k - \left\{V_n \frac{d(\rho C)_n}{dt}\right\}_k \quad (11)$$

V) 各室の質量収支誤差・濃度収支誤差が許容値以下であるかどうかを判断する。

VI) 収支誤差の最大値が許容値よりも大きい場合、II)の仮定値に修正を加え、III)~V)を繰り返す。この繰り返し回数がある一定値 $\beta$ ( $\beta = 1000$ )を超えれば解は収束しないものとして、次の連立方程式の組に移る。

また、連立方程式が一次独立でない場合も次の連立方程式の組に移る。

VII) 以下の様に考え、流量係数と床面圧力の補正を行う。流量係数 $\{\hat{\alpha}_m\}$ 、床面圧力 $\{\hat{p}_n\}_k$ がそれぞれの真値 $\{\alpha_m\}$ 、 $\{P_n\}_k$ にそれぞれの誤差 $\{\Delta\alpha_m\}$ 、 $\{\Delta P_n\}_k$ を含んでいるとすると、次式となる。

$$\{\hat{\alpha}_m\} = \{\alpha_m + \Delta\alpha_m\} \quad (12)$$

$$\{\hat{p}_n\}_k = \{P_n + \Delta P_n\}_k \quad (13)$$

誤差 $\{\Delta\alpha_m\}$ 、 $\{\Delta P_n\}_k$ の影響による空気流量、ガス流量の誤差を式(14)(15)で示し、質量収支誤差・濃度収支誤差を式(16)(17)で示す。

$$\{\Delta w_m\}_k = \left\{ \frac{\partial f_1}{\partial \alpha_m} \Delta\alpha_m + \frac{\partial f_1}{\partial p_m} \Delta p_m \right\}_k \quad (14)$$

$$\{\Delta(wC)_m\}_k = \left\{ \frac{\partial f_2}{\partial \alpha_m} \Delta\alpha_m + \frac{\partial f_2}{\partial p_m} \Delta p_m \right\}_k \quad (15)$$

$$\{\Delta W_n\}_k = -[I] \left[ \frac{\partial f_{1,k}}{\partial \alpha_m} \right] \{\Delta\alpha_m\} - [I] \left[ \frac{\partial f_{1,k}}{\partial p_{m,k}} \right] [I]^T \{\Delta P_n\}_k \quad (16)$$

$$\{\Delta(WC)_n\}_k = -[I] \left[ \frac{\partial f_{2,k}}{\partial \alpha_m} \right] \{\Delta\alpha_m\} - [I] \left[ \frac{\partial f_{2,k}}{\partial p_{m,k}} \right] [I]^T \{\Delta P_n\}_k \quad (17)$$

式(16)(17)より、補正量の(18)式が導かれる。

$$\begin{Bmatrix} \{\Delta\alpha_m\} \\ \{\Delta P_n\}_k \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} [A_{1k}] & [B_{1k}] \\ [A_{2k}] & [B_{1k}] \end{bmatrix}^{-1} \begin{Bmatrix} \{\Delta W_n\}_k \\ \{\Delta(WC)_n\}_k \end{Bmatrix} \quad (18)$$

ここで、 $[A_{1,k}] = -[I] \left[ \frac{\partial f_{1,k}}{\partial \alpha_m} \right]$ 、 $[B_{1,k}] = -[I] \left[ \frac{\partial f_{1,k}}{\partial p_{m,k}} \right] [I]^T$ 、

$$[A_{2,k}] = -[I] \left[ \frac{\partial f_{2,k}}{\partial \alpha_m} \right]$$

$$[B_{2,k}] = -[I] \left[ \frac{\partial f_{2,k}}{\partial p_{m,k}} \right] [I]^T$$

流量係数および床面圧力を式(19), 式(20)で補正し, 各室の質量・濃度収支誤差がそれぞれの許容値以下となるまでⅢ)～Ⅶ)を繰り返す. ここで,  $r_a$ ,  $r_p$ は補正係数で 0.6 とする.

$$\{\hat{\alpha}_{m,new}\} = \{\hat{\alpha}_m\} - r_a \{\Delta\alpha_m\} \quad (19)$$

$$\{\hat{p}_{n,new}\}_k = \{\hat{p}_n\}_k - r_p \{\Delta P_n\}_k \quad (20)$$

Ⅷ) Ⅴ)において, 連立方程式の組  $y$  における全ての室の質量収支誤差・濃度収支誤差が許容値以下であれば, その流量係数および圧力をその連立方程式の組の解とする.

Ⅸ) Ⅰ)で作成した全ての非線形連立方程式の組についての検討が終了するまでⅡ)～Ⅷ)を繰り返す.

以上の過程において各隙間について得られた複数の流量係数の平均値を各隙間の流量係数の推定値とする.

(2) 推定時の質量・濃度収支を満足する流量係数を用いる妥当性の検討

機械換気により形成される室間圧力差は通常 0.05～0.3 Pa 程度であることを考慮して, 等温系でその室間圧力差が形成された場合の「圧力差の  $1/c$  乗( $1 \leq c \leq 2$ )に比例するように表す流量」に対する「 $c$ を2に固定して推定時の質量・濃度収支を満足するように推定した流量係数を用いて表す流量」の比を図2に示す. 流量係数の推定は, 室温 20°C, 外気 10°Cの定常状態の単室に設けられた高さ 2m の開口に対して行った. 室間扉の周囲の開口の  $c$ は概ね 1.7～2.0 であるが, そのとき,  $c$ を2に固定して推定時の質量・濃度収支を満足するように決めた流量係数を用いて流量を表しても, 圧力差の  $1/c$  乗( $1 \leq c \leq 2$ )に比例するように表す流量との誤差は-3～14%程度であることがわかる. これより, -3～14%程度の誤差を許容する場合には,  $c$ を2に固定して推定時の質量・濃度収支を満足するように決めた流量係数を用いて室間換気量を計算することは妥当であるといえる.

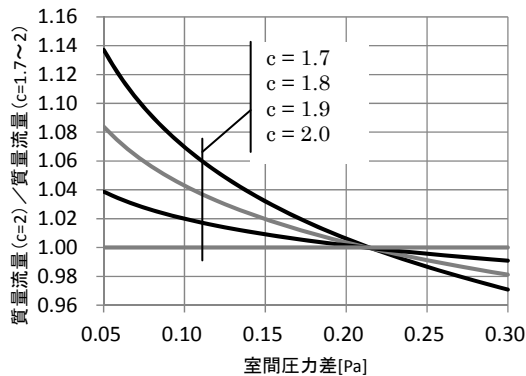


図2 「圧力差の  $1/c$  乗( $1 \leq c \leq 2$ )に比例するように表す流量」に対する「 $c$ を2に固定して推定時の質量・濃度収支を満足するように推定した流量係数を用いて表す流量」の比

(3) 模型実験による推定法の妥当性の検討

本推定法は, 温度・濃度の測定誤差は無く, 室内の熱やガスは瞬時一様拡散し, 室内の動圧の影響は無視できるという理想状態を想定している. しかし, 実際はこのような理想状態は完全には満たされない. そこで, 模型実験を行い, 上記の理想状態が完全には満たされない場合における流量係数推定の可能性を検討した.

① 実験方法および温度・濃度の測定結果

図3に実験装置の概要を示す.

室1で発熱と 1.944g/hのCO<sub>2</sub>発生を行ったときの, 発生開始から 5,085秒間の各室の温度・濃度の測定結果を図4, 5に示す. 濃度は質量基準濃度を示す. 各室の温度はそれぞれの室の高さ 0.02m, 0.20m, 0.38mにおける測定値の平均値を示し, 各室の濃度はそれぞれの室における中央(高さ 0.20m)における測定値を示す.

表1に, 発生開始から 5,085秒後における各室の高さ 0.02m, 0.20m, 0.38mの温度と, 5,085秒後から測定点を各室の高さ 0.02m, 0.38mに切り替えて測定した濃度を示す. 切り替えた点における濃度は, CO<sub>2</sub>分析計の応答速度(30秒)と吸引速度(0.3m/s)を考慮して, 切り替え後約 60秒の濃度を示す. 上下温度差は, 発熱室(室1)では 8.1°C, 他の室では 0.3～1.6°Cであった. 上中下の濃度差の最大値は, 発生室(室1)では 120ppm, 他の室では 7～38ppmであった.

② 流量係数の推定

推定対象の模型は, 室数が4, 室間開口数が8であるので, 式(6)より推定には少なくとも2つ以上の温度・濃度状態のデータが必要となる. 温度・濃度状態の数を2とした場合, 式の数も未知数の数も16個となり, 連立方程式は1組つくれる. しかし, 今回の実験の場合, 理想状態ではないため, その連立方程式は収束解が得られなかった. よって, 温度・濃度状態の数を3として推定を試みた. (1)の②で述べたように, 必要とする数の温度・濃度状態のデータを取得する方法としては, 定常法と非定常法がある. 非定常法で推定が可能であれば, 定常法よりも測定に要する時間が短いため, 非定常法での推定を試みた.

図6に示すように室1の1秒あたりの濃度変化の測定値にはノイズが見られる. 他室の濃度や温度にも同様のノイズが見られたため, 推定にはそれぞれの室の温度・濃度の測定値を6次関数で近似したものを用いた. このとき, 近似式の決定係数は 0.999 以上であり, 近似は十分であると判断した.

非定常法では過渡的な温度・濃度変化過程から複数の時点の温度・濃度データを選択するが, 近接した時点のデータを用いると連立方程式が一次独立になりにくいと考えられる. ここでは, CO<sub>2</sub>発生開始から 1,000秒後, 2,000秒後, 3,000秒後の温度・濃度状態のデータを用いて流量係数を推定した. 推定結果を表2に示す. 同表には, 壁面全体に隙間が

一様分布しているとして推定した壁面積に対する流量係数と、それを25個の穴の総面積に対する値に換算した流量係数を示す。

### ③ 推定結果の妥当性の検討

表2に示した流量係数推定値の妥当性を、その推定値を用いて計算した濃度変化と測定結果を比較することで検討する。

換気回路網計算に、各室の接続関係、各室間の開口位置と表2に示した流量係数推定値、各室の体積、各室におけるガス発生量(室1で1.944g/h)、各室の温度変化の測定値(図4の温度)を入力し、各室の濃度変化を計算した。各室の温度変化の測定値を入力することにより各室の質量収支は必然的に測定結果を満足するが、各室間の流量は必ずしも測定時の流量と一致するとは限らない。しかし、各室の濃度変化が測定結果と一致していれば、各室間の流量も測定時の流量と一致していることになり、推定した流量係数が妥当であることが確認される。

図7に、濃度変化の測定結果と推定した流量係数を用いた計算結果を示す。両者は概ね一致しており、推定した流量係数が妥当であることが確認される。

測定に用いたCO<sub>2</sub>分析計の再現性は、0ppmの測定時に±40ppm、フルスケール(7,600ppm)の測定時に±120ppmであり、その間は±40~±120ppmである。熱電対は許容差が±1℃であるクラス2のものを用いた。このような測定精度で、表1に示したような温度・濃度分布があり、ファンによる攪拌等により室内に動圧が生じている状態においても、本研究で構築した流量係数推定法は概ね妥当な値を推定できることが確認された。

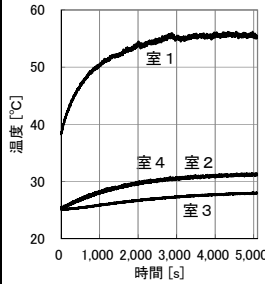


図4 測定結果 (温度)

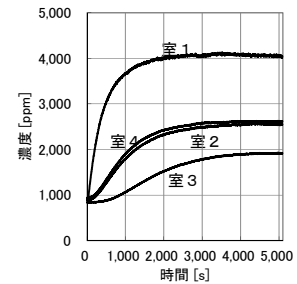


図5 測定結果 (濃度)

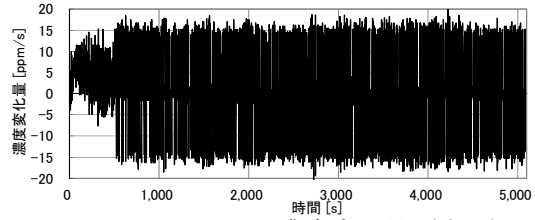


図6 1秒あたりの濃度変化量(室1)

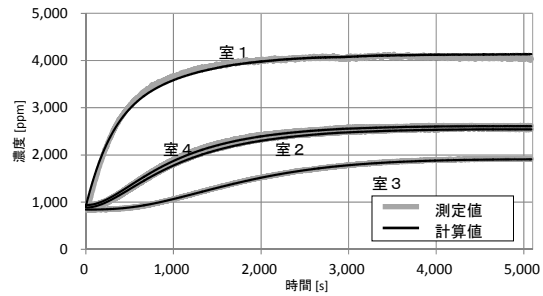


図7 濃度変化の測定結果と計算結果

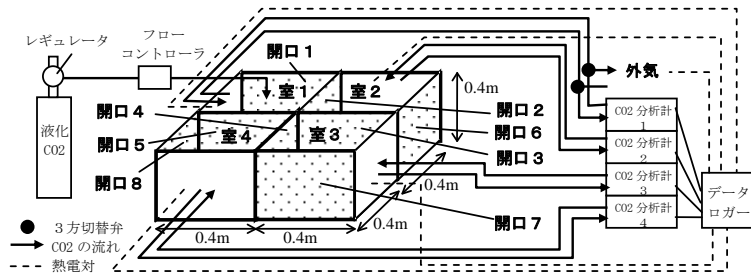


図3-1 実験装置概要(全体)

表1 温度・濃度の上下分布(5,085秒後)

	温度[°C]				濃度[ppm]			
	室1	室2	室3	室4	室1	室2	室3	室4
上(0.38m)	59.30	31.80	28.00	31.70	4068	2555	1925	2650
中(0.20m)	55.30	31.80	28.10	31.20	4045	2548	1919	2621
下(0.02m)	51.20	30.20	27.80	30.80	3948	2517	1926	2634
平均値	55.27	31.27	27.97	31.23	4020	2540	1923	2635

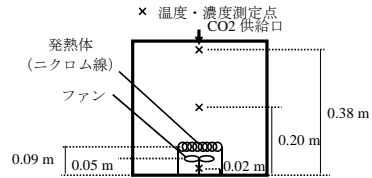


図3-2 実験装置概要(室断面)

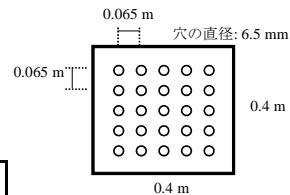


図3-3 実験装置概要(開口1~8)

表2 流量係数の推定結果

	開口1	開口2	開口3	開口4
	壁面積に対する値	$2.485 \times 10^{-3}$	$2.069 \times 10^{-3}$	$2.548 \times 10^{-3}$
穴面積に対する値	0.48	0.40	0.49	0.48
	開口5	開口6	開口7	開口8
	壁面積に対する値	$2.317 \times 10^{-3}$	$2.557 \times 10^{-3}$	$2.600 \times 10^{-3}$
穴面積に対する値	0.45	0.49	0.50	0.51

#### (4)研究成果のまとめ

- ①複数の室を持つ建物の室内で1種類のガスを発生させたときの各室の温度・濃度を用いて各室の質量収支式・濃度収支式を連立させて解くことにより、未知数である各室間開口の流量係数を推定する方法を構築した。
- ②-3~14%程度の誤差を許容する場合には、空気流速は圧力差の1/2乗に比例するとして推定時の質量・濃度収支を満足するように推定した流量係数を用いて室間換気量を計算することは妥当であることが確認された。
- ③温度・濃度分布があり、ファンによる攪拌等により室内に動圧が生じている状態においても、本研究で構築した流量係数推定法は概ね妥当な値を推定できることが確認された。

#### 5. 主な発表論文等

[学会発表] (計4件)

- 1) Koji Fujita, Ken Iwamoto, Takayuki Matsushita : Effective flow area estimation method using a gas, Proceedings AIVC International conference 2010, CD-ROM, 2010.10 (査読有)
- 2) Ken Iwamoto, Koji Fujita, Takayuki Matsushita : Effective flow area estimation test using CO<sub>2</sub>, Proceedings AIVC International conference 2010, CD-ROM, 2010.10 (査読有)
- 3) 岩本憲, 藤田浩司, 松下敬幸, 高田暁 : 単一ガス濃度測定による多数室間隙間量推定に関する研究—非線形連立方程式の数値解法を用いた隙間量推定法の検討—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学II (D-2), pp. 643-644, 2010.9 (査読無)
- 4) 岩本憲, 藤田浩司, 松下敬幸, 高田暁 : 単一ガス濃度測定による多数室間隙間量推定に関する研究—非線形連立方程式の数値解法を用いた隙間量推定法の検討—, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 第50号 環境系, pp. 189-192, 2010.6 (査読無)

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

藤田 浩司 (FUJITA KOJI)  
神戸大学・大学院工学研究科・助教  
研究者番号：40513536