

燃烧音の周波数分析について (第4報)

燃烧音検出方式火災感知器の開発

Analysis of the Frequencies of Burning Sound (Series 4)

脇 賢*
 中西 正浩**
 大原 義雄*
 佐々木 一治*

概 要

燃烧時に発生する低周波の音によって火災を検出する感知装置を実用化するためには、日常生活に存在する火災と紛らわしい低周波の音との区分けが必要である。所報第32号で報告した実験では、この火災と紛らわしい低周波の音として換気扇やストーブ等の機器から発生する音の特性を調べた。しかし、火災と紛らわしい音には、その他に室内を歩くなどの人が動くことにより発生するものがあることから、今回、この人の動きにより発生する音の測定実験を行い特性を調べた。その結果、人の動きにより発生する低周波の音には、空気の流動による音、室内空気の圧力変動による音及び振動の影響の三つの要素があり、それぞれが、火災の検出に大きな障害を及ぼしていることがわかった。

For the purpose of practical application of a new fire sensor which could exclusively detect the sounds that were generated by burning, the sensor has to have enough powers to distinguish the burning sounds from the background noises.

As reported in the previous journal No. 32, the wind caused by fans and the heat convection caused by heaters have low frequency sounds that are common to the burning sounds, which gave a further problem to be solved to the new fire sensor. And low frequency sounds produced by movement of a man also could not be neglected. So measurement experiment was done to analyse the low frequency sounds this time. After the analysis, the low frequency sounds produced by movement of a man turned out to have three factors i. e., sounds caused by the circulation of air, sounds and vibration caused by the change of room air pressure. Each factor was proved to be a bad influence on the detection of a fire.

1 はじめに

燃烧時に発生する低周波の音(以下「燃烧音」という)によって火災を検出するには、燃烧音と燃烧音に類似した日常生活に存在する低周波域の音(以下「生活音」という)とを区分けできなければならない。この生活音には、ストーブや扇風機などの機器を発生源とするものと、室内を歩くなどの人の動きにより発生するものがあり、いずれの生活音も、本装置が実際に使用される状況を考えて無視できない問題である。この生活音のうち、機器を発生源とする生活音については、既に特性を調べ、その対策として室内空気の圧力変動による音(以下「静圧」という)と、空気の流動による音(以下「動圧」という)に分離して、燃烧音との区分けをする方法を見出したと

ころである。そこで、今回は、人の動きにより発生する生活音の対策を検討することとした。

2 実験目的

人が動くことにより発生する生活音の特性を把握し、燃烧音と生活音を区分けする方策を見出すことを目的とする。

3 実験項目

人が動く際に室内には、動圧とともに振動が発生しており、この振動が何らかの影響を及ぼしていることが予想される。そこで、今回の測定は、従来から扱ってきた静圧、動圧に加えマイクの受けた振動を加速度として演算処理によって理論上分離することのできる構造を有し

*第三研究室 **玉川消防署

た新方式のマイク（以下「加速度分離型マイク」という。）を製作して、次の実験を実施した。

【実験Ⅰ】安静時及び生活音（扇風機上向き作動時）下における暗騒音と燃焼音の測定実験

人の動きにより発生する生活音の特性を把握する際の基準となる基礎資料を得るため、生活音の存在しない安静時（以下「安静時」という）の暗騒音と燃焼音及び前回の実験で最も燃焼音との分離が困難であった、扇風機上向き作動時の生活音（以下「生活音（扇風機）」という）下における暗騒音と燃焼音を測定した。

※ 暗騒音とは、測定の対象となる音のない状態での音をいう。本報告中は、燃焼音のない状態での音を示す。

【実験Ⅱ】人の動きにより発生する生活音の測定実験

4 実験資器材等

(1) 測定機器

- ア 加速度分離型マイク
- イ コンデンサーマイク式（プリモ：EM-121） 一式
- ロ セラミックマイク式（プリモ：EM-122） 一式
- ハ アンプ（3チャンネル用） 1台
- ニ データレコーダ（TEAC：XR-5000） 1台
- ヘ データアナライザ（共和電業：DAA-110A） 1台

(2) 実験機材

- ア 実験用模擬ハウス（W3.6m×D3.6m×H2.1m） 1基
- イ 扇風機（家庭用）（サンヨー：EF-30UDT, 53m³/min） 1台
- ウ クリップ（L500mm×W15mm×H15mm） 120本
- 〃（L250mm×W15mm×H15mm） 240本
- エ クリップ用架台（W600mm×D500mm×H250mm） 1基
- オ 燃焼火皿（φ100） 1枚

5 実験方法

【共通事項】

(1) 加速度分離型マイクの構造

加速度型マイクの構造は、図1、2のようにマイク3個を4個のチャンパーで挟み込むように接続し（セラミックマイク式にあっては3個のマイクで2個のチャンパーを挟み込むように接続）、第1マイクに対して他の2個のマイクの受圧面を正対させ、第2マイク及び第3マイクの受圧面が同一方向になるように設定する。第1マイクと第2マイクに挟まれたチャンパーA及び第2マイクと第3マイクに挟まれたチャンパーBにそれぞれ細管を設け、チャンパーAに取り付けた細管aを天井面にはめ込んだ第1平面板の中央に開口し、チャンパーBに取り付けた細管bを天井面から5mmの間隙を隔てて取り付けられた直径100mmの第2平面板

に開口した形状とする。このようにすることにより「6分析方法」で述べるように、各チャンパー内にはピトー管の静圧孔の原理から、静圧及び動圧が、単独又は合成されて導かれる。さらに当該マイクは、設置された場所における振動の影響を、マイクを正対させて設けることにより後の演算処理で、静圧・動圧とともに加速度を分離するものである。

なお、当該マイクには、次の2種類のものを使用して以下の実験を実施した。（写真1）

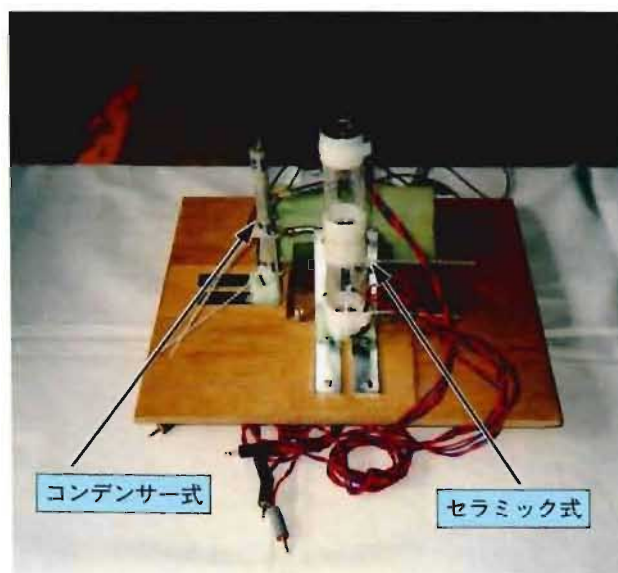


写真1 加速度分離型マイク

ア コンデンサーマイク式：従来から使用してきた静電形のコンデンサーマイクで構成されたもの。（図1）

イ セラミックマイク式：圧電形マイクの種類で、強誘電体（セラミック）の電気歪み効果を応用した方式のマイクで構成されたもの。セラミックマイクは、コンデンサーマイクに比べ、振動子の質量が大きく、加速度をとらえるには有効であることから、今回の測定では、加速度の基準となるデータを得るとともに、コンデンサーマイク以外のマイクの有効性について併せて確認するために使用した。（図2）

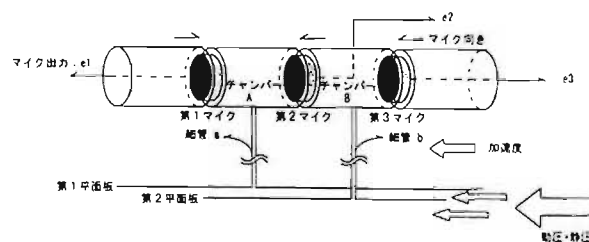


図1 加速度分離型マイク（コンデンサーマイク式）の構造

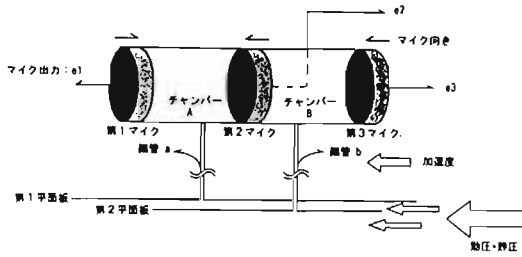


図2 加速度分離型マイク（セラミックマイク式）の構造

(2) 加速度分離型マイクの設置方法

実験用模擬ハウス（以下「模擬ハウス」という）の天井中央付近に、前(1)によるコンデンサーマイク式及びセラミックマイク式のいずれか一方の加速度分離型マイクを、実験に応じて取り付けた。（図3）

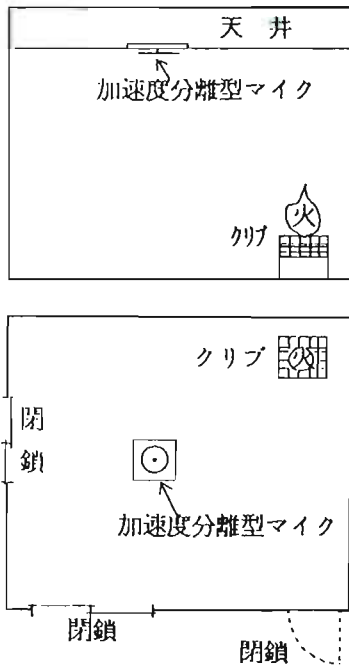


図3 燃焼実験の配置例

(3) 測定機器の設置

加速度分離型マイクの信号をデータレコーダを介し、データアナライザに入力するように結線した。

(4) 記録

以下に示す〔実験Ⅰ〕及び〔実験Ⅱ〕の加速度分離型マイクの出力をデータレコーダ及びデータアナライザに集録した。各機器の条件設定は次のとおりとした。

- ア データレコーダの集録条件
- イ 入力レンジ 1ch：5V(第マイクの出力:e1)
2ch：5V(第マイクの出力:e2)
3ch：5V(第マイクの出力:e3)
- ロ 出力レンジ 1ch～3ch：5V
- ハ 帯域選択 WB G-1
- ニ テープスピード 4.76cm/s

イ データアナライザの集録条件

- ア サンプリング周期 10ms
- イ 入力レンジ 5V

(5) 測定方法

〔実験Ⅰ〕 安静時及び生活音（扇風機）下における暗騒音と燃焼音の測定実験

ア 安静時における測定

イ 暗騒音の測定

模擬ハウス内の安静時の暗騒音を測定した。測定時間は80秒とした。

ロ 燃焼音の測定①

図3に示すように模擬ハウスのコーナーで、加速度分離型マイクの直下床面から、1.5m離れた位置（以下「火点①」という）に設置したクリブ用架台に、クリブを10本、5本、10本……と井桁状に8段積み上げ、その下の火皿にノルマルヘプタン約5mlを入れ点火し、燃焼音（以下「燃焼音①」という）を測定した。

なお、測定時間は、点火から点火後、燃焼状態が概ね最盛期に達する時間までとした。

ハ 燃焼音の測定②

前(ロ)同様の要領で、加速度分離型マイクの直下床面から1m離れた位置（以下「火点②」という）で、燃焼音（以下「燃焼音②」という）を測定した。

イ 生活音（扇風機）下における測定

イ 暗騒音の測定

扇風機を、加速度分離型マイクの下45度になる床面に置き、風向がマイクに正対するように固定し、首振りをさせない状態で測定した。

ロ 燃焼音①の測定

前アと同様の状態で、前(ロ)の要領で、燃焼音①を測定した。

〔実験Ⅱ〕 人の動きによる生活音の測定実験

ア 「歩く」場合の測定

模擬ハウス内を一名が、加速度分離型マイクの直下を中心として描いた半径約1mの円の外周を、概ね毎分80～100mで歩行する。測定時間は20秒間（他の測定にあっても同様とする）とした。

イ 「走る」場合の測定

前(1)同様の状態で、概ね毎分160～200mで走る。

ウ 「跳ねる」場合の測定

模擬ハウスの中央部分で、「なわとび」の要領で、概ね毎秒2回のテンポで飛び跳ねる。

エ 「叩く」場合の測定

模擬ハウス内壁の任意の位置（概ね床上1.5mの高さ）を、片手拳で概ね毎秒2回のテンポで叩く。

6 分析方法

前5〔共通事項〕の(1)で述べたように、図1の加速度分離型マイクの構造から、チャンバーAには、第1平面板と第2平面板との間隙で生ずる空気の流速変化から、静圧と動圧の合成された圧力が加わり、チャンバーBには、静圧のみが加わる。これに、各マイクの軸芯方向に加わる加速度を考慮した場合、次のような関係式が成り立つ。

※ P_s = 静圧 P_D = 動圧 P_A = 加速度
 e_1 = マイク1出力 e_2 = マイク2出力 e_3 = マイク3出力

(1) コンデンサーマイク式

$$\begin{cases} e_1 = P_s + P_D + P_A \\ e_2 = P_s + P_D - P_A - P_s = P_D - P_A \\ e_3 = P_s - P_A \end{cases}$$

これは、各要素を未知数とした連立方程式と見立てることができるので、これらを P_s 、 P_D 、 P_A について解くと、次式のようにになる。

$$\begin{cases} P_s = \frac{e_1 - e_2 + 2e_3}{3} \\ P_D = \frac{e_1 + 2e_2 - e_3}{3} \\ P_A = \frac{e_1 - e_2 - e_3}{3} \end{cases}$$

(2) セラミックマイク式

$$\begin{cases} e_1 = P_s + P_D + P_A \\ e_2 = P_s + P_D - P_A \\ e_3 = P_s - P_A \end{cases}$$

前(1)同様に、 P_s 、 P_D 、 P_A について解くと、次のようになる。

$$\begin{cases} P_s = \frac{e_1 - e_2 + 2e_3}{2} \\ P_D = e_2 - e_3 \\ P_A = \frac{e_1 - e_2}{2} \end{cases}$$

この式を利用し、加速度分離型マイクの出力信号から各要素を算出する。

7 実験結果及び考察

〔実験 I〕 安静時及び生活音（扇風機）下における暗騒音と燃焼音の測定実験

加速度分離型マイクの出力を各要素に分離し、その周波数分析を行った結果及び分離した静圧と動圧の時間変化から求めた二乗和（音のエネルギー値）の累積値によって考察する。

(1) 安静時における測定

ア 各要素の周波数分析結果による考察（図4～7）

セラミックマイク式の安静時暗騒音の結果（図6、加速度）から、安静時の模擬ハウスに存在する加速度には、約10Hzと16Hzの成分が高いことがわかる。一方、コンデンサーマイク式（図4、加速度）では、この約10Hzと16Hzのピークがとらえられていない。また同様に、セラミック式は、安静時燃焼音（図7、加速度）の0秒時点で、点火操作時の人の動きにより発生する振動を確認できるが、コンデンサーマイク式（図5、加速度）では確認できない。以上のことから、コンデンサーマイクは、振動の影響を直接は、受けていないことがわかる。

イ 累積値による考察（図8～11）

(ア) セラミックマイク式であっても、コンデンサーマイク同様に、安静時において燃焼音と暗騒音の区分けが可能であることがわかる。

(イ) コンデンサーマイク式及びセラミックマイク式ともに、燃焼音①に対する燃焼音②の増加曲線の勾配差が、動圧は大きく、静圧は少ない。これは、静圧、動圧の特徴であることから。安静時において、静圧と動圧の分離ができていることがわかる。

※ 室内全体の空気の圧力変動である静圧は、燃焼時には空気の熱膨張から発生する室内の圧力変動であるため、火点からの距離による影響が少ない。これに対し、動圧は、空気の流動によってマイクが受ける圧力であり、燃焼時には空気の熱対流をとらえているため、火点から離れることによる減衰率が大きいという特徴をもっている。

(ウ) コンデンサーマイク式及びセラミックマイク式ともに、0～10秒の間に、ステップ状の変化が確認できる。これは、点火操作時の人の動きによる影響を示していることから、人の動きにより発生する生活音には、加速度及び動圧の他に、静圧も含まれていると考える。

(2) 生活音（扇風機）下における測定

ア 各要素の周波数分析結果による考察

いずれの方式のマイクも、ピークレベルが安静時暗騒音と比較して静圧、動圧ともに増加しており、静圧、動圧の分離が行えていない。よって扇風機の風圧に対して、本装置の3次元防風効果が、対応できていないことがわかる。また、セラミックマイク式の結果より扇風機作動時に約20Hzの加速度が、模擬ハウス内に発生していることがわかった。

イ 累積値による考察（図12・13）

いずれの方式のマイクも、暗騒音と燃焼音の増加曲線の勾配差がないことから、燃焼音の検出が困難

であることがわかる。

〔実験II〕人の動きにより発生する生活音の測定実験

コンデンサーマイク式及びセラミックマイク式の出力を各要素に分離し、その周波数分析結果より考察する。

なお、表1に、燃焼音①の各要素の第1ピークレベルを基準とした、人の動きにより発生する生活音の各要素の第1ピークレベルを倍数で示す。

表1 生活音のピーク値/燃焼音①のピーク値

方 式	要 素	歩く	走る	跳ねる	叩く
コンデンサーマイク式	静 圧	1.6	15.0	73.3	3.0
	動 圧	1.2	10.0	48.3	4.3
	加速度	1.4	11.0	43.3	6.7
セラミックマイク式	静 圧	0.6	4.5	7.3	0.3
	動 圧	1.0	6.3	73.3	1.3
	加速度	3.0	5.0	22.3	18.0

- (1) コンデンサーマイク式は、「歩く」「走る」「跳ねる」「叩く」、いずれの動作にあっても、各要素が類似した周波数分布を示しており、分離ができていないことがわかる。また、ピークレベルは各要素とも燃焼音のピークレベルを上回っており、燃焼音の検出が困難であることがわかる。(図14)
- (2) セラミックマイク式によって人の動きにより発生する加速度は、約10Hzにピークをもっていることがわかる。(図15)
- (3) 表1より、動圧は、いずれの方式のマイクでも同様の増加傾向を示している。しかし、静圧では、コンデンサーマイク式の「跳ねる」が燃焼音①のピークレベルの約7.3倍に増加しているのに対し、セラミックマイク式は7.3倍と1/10にとどまっている。また、コンデンサーマイク式では、いずれの動作においても燃焼音①を上回っているのに対し、セラミックマイク式は、「歩く」(0.3倍)及び「叩く」(0.7倍)が燃焼音①以下に抑えられている。このことから、セラミックマイク式は、人の動きにより発生する生活音に対して、ある程度の効果を示していると考えられる。
- (4) 〔実験I〕の結果から、人の動きにより発生する生活音には、人が動くことにより発生する空気の流動(動圧)と振動の影響(加速度)の他に、静圧が発生していることが確認された。また本実験によってその静圧が、燃焼音の静圧変動よりかなり大きな値であることがわかった。この静圧変動の原因は、実験に使用している模擬ハウスがプレハブで、床や壁が柔軟な状態であり、この上で歩く等の運動をした場合、床や壁が、たわむことに伴い模擬ハウスの容積が変化するためと考える。

- (5) 燃焼音の静圧と人の動きにより発生した静圧とは同じ室内空気の圧力変動であるため、両者を分離することは困難である。しかし、この人の動きによって発生する静圧は、必ず振動を伴うことから、この加速度によって人の動きにより発生する生活音をキャンセルすることが可能である。従って加速度をとらえることのできるセラミックマイク式加速度分離型マイクが、人の動きにより発生する生活音と燃焼音とを区別するには有効であると考えられる。

8 まとめ

今回の実験は、人が動くことにより発生する生活音の特性を把握し、燃焼音との区別をするための方策を見出すことを目的として、従来のコンデンサーマイクの他に、新たな素子としてセラミックマイクを使用した新方式の加速度分離型マイクを製作し実施した。その結果は次のとおりである。

〔実験I〕安静時及び生活音(扇風機)下における暗騒音と燃焼音の測定

- (1) コンデンサーマイクは、人の動きにより発生する振動そのものの影響を受けたのではなく、人の動きにより発生する空気の流動(動圧)と振動によって発生する圧力変動(静圧)の影響を受けていたことがわかった。
- (2) 加速度分離型マイクの防風構造が、扇風機の風に対して3次元の防風効果が得られないことがわかった。
- (3) セラミックマイクも、従来のコンデンサーマイク同様に、安静時において燃焼音と暗騒音の分離が可能であることがわかった。

〔実験II〕人の動きにより発生する生活音の測定

- (1) 人の動きにより発生する生活音は、燃焼音に比べ静圧、動圧ともに大きな値を示し、従来の静圧、動圧の情報だけでは、燃焼音と人の動きにより発生する生活音との区別が困難であることがわかった。
- (2) 人の動きにより発生する生活音と燃焼音を区別するための方策として、セラミックマイク式加速度分離型マイクが有効であることがわかった。

9 今後の予定

これまで行ってきた「燃焼音の周波数分析について」の研究により、日常環境下において火災を検出するための方策を見出すことができ、一応の成果を修めることができた。今後、この資料をもとに、実用器の開発を進める。

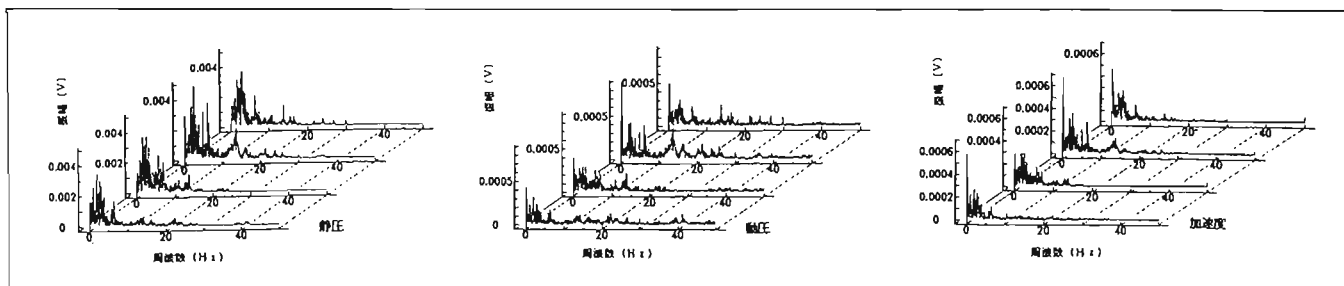


図4 コンデンサーマイク式 (安静時暗騒音)

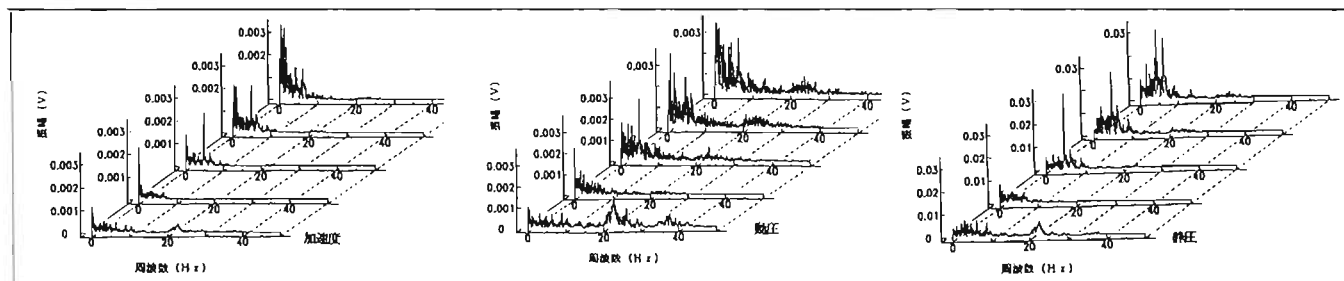


図5 コンデンサーマイク式 (安静時燃焼音1)

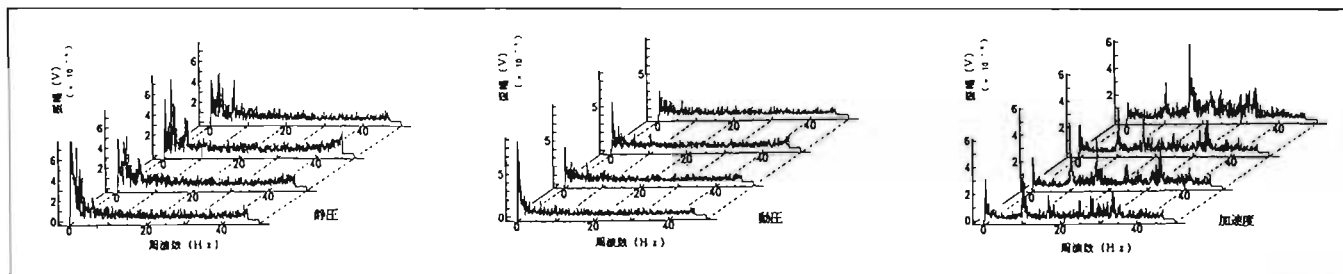


図6 セラミックマイク式 (安静時暗騒音)

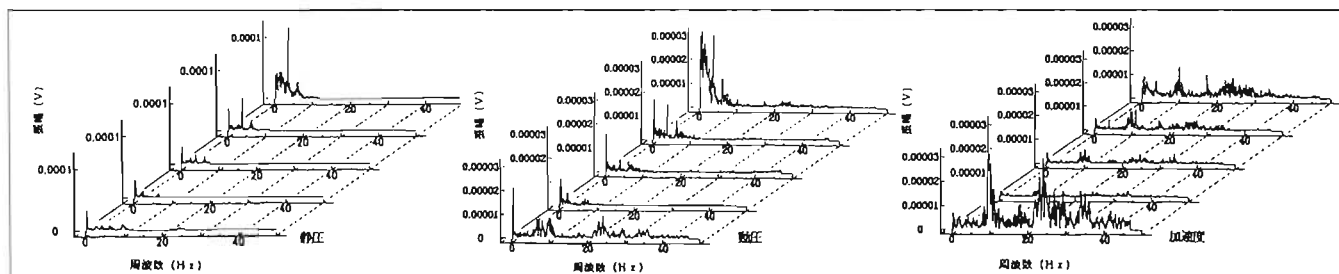


図7 セラミックマイク式 (安静時燃焼音2)

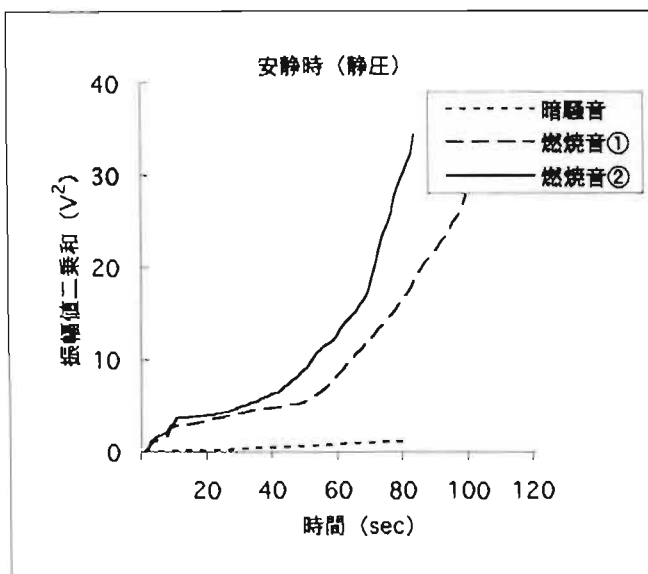


図8 コンデンサーマイク式

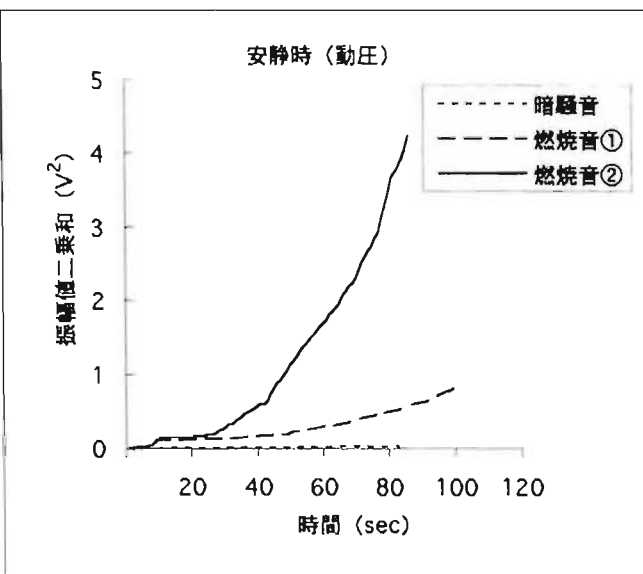


図9 コンデンサーマイク式

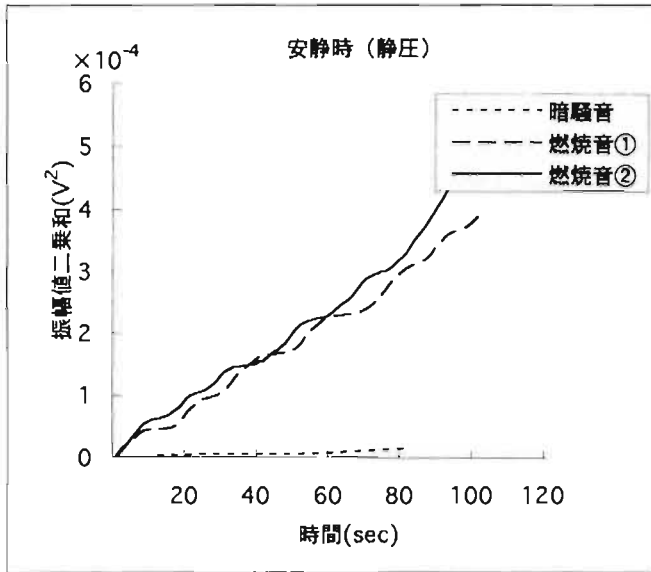


図10 セラミックマイク式

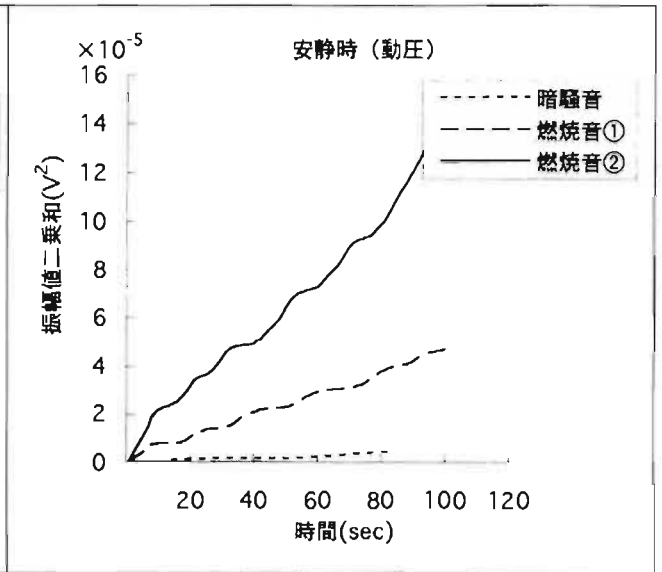


図11 セラミックマイク式

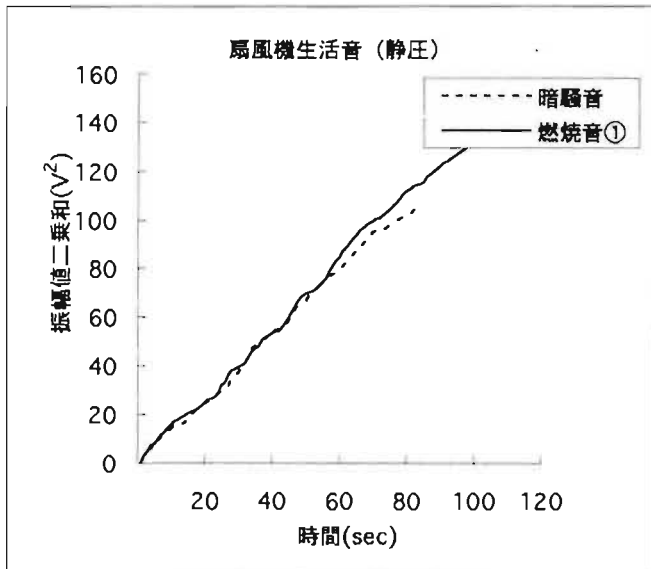


図12 コンデンサーマイク式

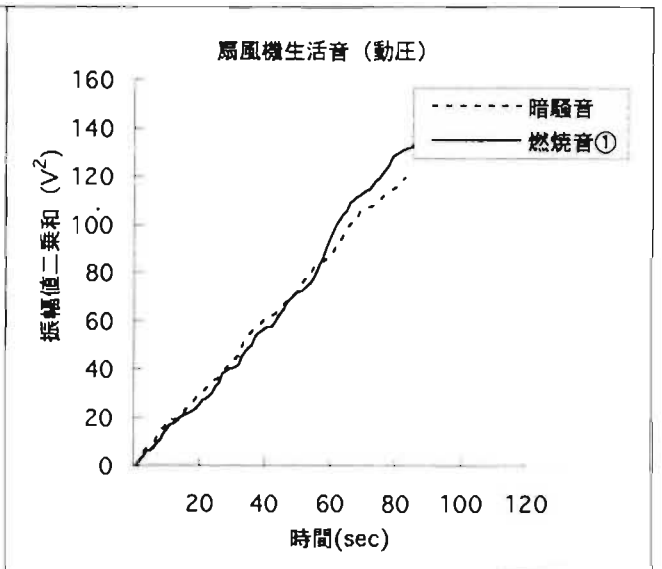


図13 コンデンサーマイク式

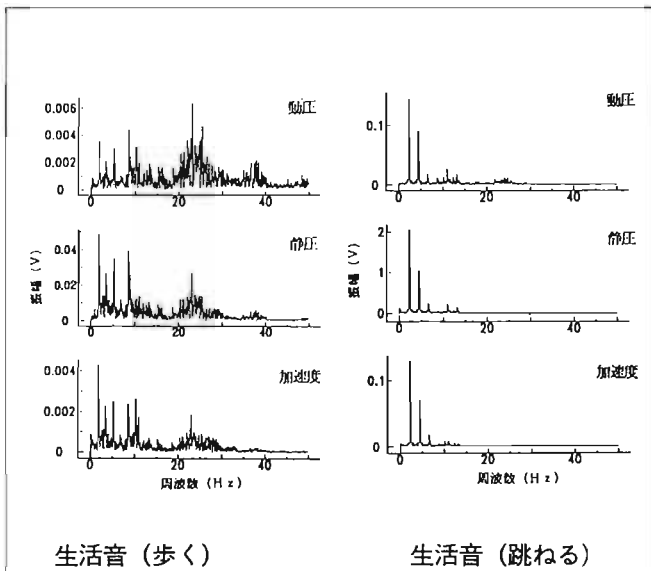


図14 コンデンサーマイク式

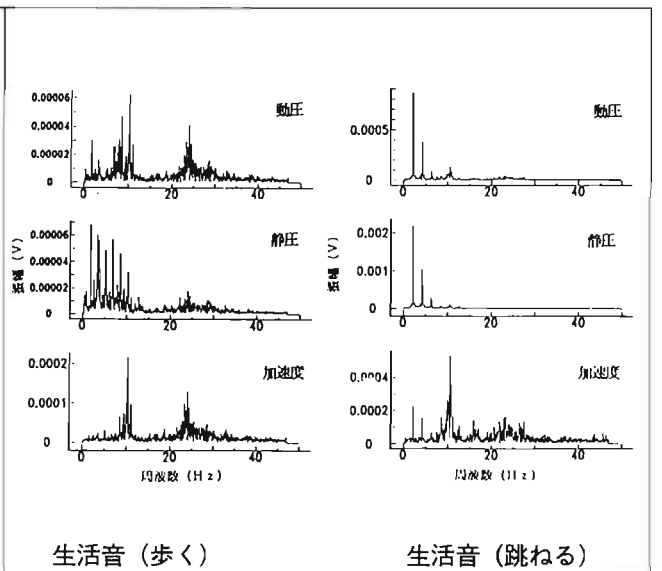


図15 セラミックマイク式

10 改良試作機の製作

前年度に製作した試作器に続き、加速度分離型マイクを取り入れた「燃焼音検出方式火災感知器」(以下「改良試作器」という)を製作した。

以下、改良試作器についての概要及びその性能確認実験の結果について述べる。

(1) 改良試作器の概要

ア 構成

本装置は、図16に示す感知部、検出部、警報部から構成されており、現在は、静圧の積分回路出力が設定しきい値を越えた時点で火災信号処理回路に信号が伝達され、蓄積状態に入るよう設定されている。また、演算切り替え選択回路は、今後、各要素のデータの活用を検討するための回路で、各要素の積分回路出力をこの回路によって演算処理できるようにになっている。

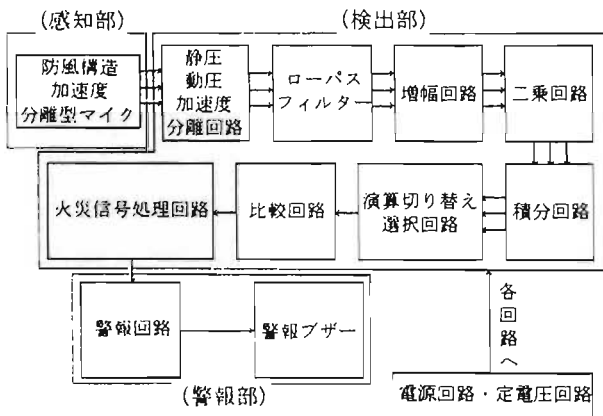


図16 回路構成図

イ 仕様

本装置の仕様は、表2のとおり。(外観、写真2参照)



写真2 改良試作器

表2 改良試作器の仕様

項目	内容
入力電圧範囲	DC 24V ±10%
定電圧回路出力変動	100mV以下 (鳴動時)
最大消費電流	120mA ±10%
平均監視電流	95mA ±10%
感知部	防風構造加速度分離型マイク (コンデンサーマイク式) (セラミックマイク式)
フィルター回路特性	低域遮断周波数 $f_c, \leq 0.1\text{Hz}$ 高域遮断周波数 コンデンサーマイク式 5Hz・7Hz ラミックマイク式 5Hz
積分値回路時定数	$\tau=0.5\sim 15\text{sec} \pm 10\%$
比較回路基準電圧	0.2~5V ±10%
火災信号処理回路	蓄積時間 1~66sec ±10%
警報部	圧電ブザー
使用温度範囲	-10~+40°C
重量	296g

(2) 実験目的

- ア 遮断周波数の選択
- イ 感知部の選択

(3) 実験項目

〔実験Ⅰ〕燃焼実験による性能確認

- ア N-ヘプタン
- イ クリブ
- ウ 紙類
- エ 布類
- オ プラスチック

〔実験Ⅱ〕生活音実験による性能確認

- ア 人の動きによる生活音
「歩く」「走る」「跳ねる」「叩く」
- イ 機器による生活音
「扇風機 (上向き作動時)」
「ストーブ (反射型及び温風型)」

(4) 実験資器材

- ア 測定機器等
- (ア) 改良試作器 (コンデンサーマイク式、遮断周波数5Hz)
- (イ) 改良試作器 (コンデンサーマイク式、遮断周波数7Hz)
- (ウ) 改良試作器 (セラミックマイク式、遮断周波数5Hz)
- (エ) 定電圧直流電源装置(24V)：改良試作器電源用
- (オ) 定電圧直流電源装置(12V)：着火玉点火用
- (カ) データレコーダ (XR-5000)
- (キ) データアナライザ (DAA-110)
- (ク) 電気式着火玉(12V用)
- イ 燃焼供試体

- (ア) N-ヘプタン
- (イ) クリブ
- (ウ) 紙類
- (エ) 布類
- (オ) プラスチック類
- ウ 実験機材
- (ア) 家庭用扇風機
- (イ) 石油ストーブ（反射型、温風型）

(5) 実験方法

模擬ハウスの天井中央に改良試作器を設置し、当該改良試作器のモニター出力をデータレコーダ及びデータアナライザに記録する。（〔実験Ⅰ〕にあつては、燃焼の推移条件を一致させるため、3台の装置を天井に取付け、同時に実施する）

〔実験Ⅰ〕 燃焼実験による性能確認（写真3）

次に示す要領で各供試体を燃焼させたときの点火から発報するまでの時間の測定及び積分値を記録する。測定時間は、点火から燃焼が最盛期を過ぎるまでとした。ただし、各測定において機器保護のため、石綿板により直接熱風が当たるのを避けるとともに、火勢が強くなり装置が危険な状態になった場合は、直ちに消火するものとした。点火は、人の動きにより発生する生活音の影響を避けるため、電気式着火玉を使用し、模擬ハウス外から点火した。

ア N-ヘプタン

オイルパンに、N-ヘプタン200mlを入れ、改良試作器直下から模擬ハウスコーナーに向かって1.5m離れた位置に設置し点火した。

イ クリブ

前5(5)測定方法の要領で積み上げたクリブを、助燃剤にN-ヘプタン約5mlを使用し点火した。

ウ 紙類

コーナーに置かれたオイルパンに、新聞紙20枚を丸めたものを入れ、N-ヘプタン約5mlを使用し点火した。

エ 布類

前ウと同様に、オイルパンに、木綿の生地を500g入れ、N-ヘプタン約5mlを使用し点火した。

オ プラスチック類

前(ウ)と同様に、オイルパンに、プラスチック製品を砕いたもの1kgを積み上げ、N-ヘプタン約10mlを使用し点火した。

〔実験Ⅱ〕 生活音実験による性能確認

扇風機及び人の動きにより発生する生活音実験は、前5(5)測定方法と同様とし、ストーブによる生活音実験にあつては、扇風機と同じ位置に設置し、始動から運転が安定し5分経過するまで実施した。

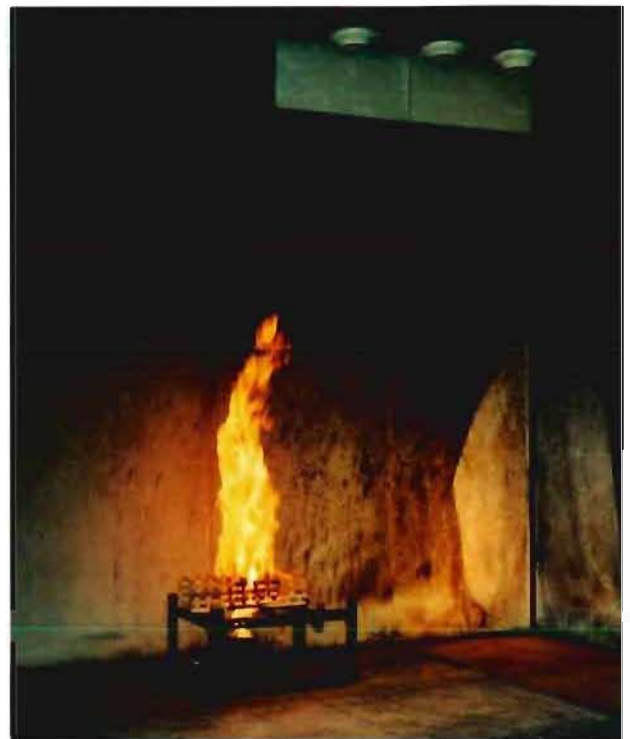


写真3 燃焼実験（クリブ）の状況

(6) 測定機器等の設定条件

ア 改良試作器

(ア) 比較回路基準電圧

コンデンサーマイク 式遮断周波数5 Hz: Vref= 3V

コンデンサーマイク 式遮断周波数7 Hz: Vref= 4.3V

セラミックマイク 式遮断周波数5 Hz: Vref= 2V

(イ) 積分回路時定数: $\tau = 7 \text{ s}$

(ウ) 蓄積時間: $T_w = 15 \text{ s}$

イ データレコーダ及びデータアナライザ
設定条件は、前5(4)と同様とする。

(7) 実験結果

〔実験Ⅰ〕 燃焼実験による性能確認（表3）

ア コンデンサーマイク式遮断周波数5 Hz

プラスチックを除き全て感知しているが、各要素は全て同様の値を示し、分離が行えていないことがわかる。静圧の安静時暗騒音レベルは、平均 1 V^2 であることから、安静時においては燃焼音との区別が明確に行えている。（図17）

イ コンデンサーマイク式遮断周波数7 Hz

布及びプラスチックを除き感知したが、各要素の分離はできていない。また、安静時の暗騒音レベルが平均 4 V^2 と高いため燃焼音との区別が困難である。（図18）

ウ セラミックマイク式遮断周波数5 Hz

布及びプラスチックは、積分回路出力の増加は確認できるが、しきい値に達していない。その他にあつてはすべて60秒以内に感知した。また、各要素の分

離が、確認できる。なお、静圧の安静時暗騒音レベルは、平均 $1.5V^2$ であることから、安静時においては燃焼音との区分けが明確に行えてる。(図19)

表3 燃焼実験結果

燃焼供試体	評 価		
	コンデンサ-5Hz	コンデンサ-7Hz	セラミック5Hz
N-ヘプタン	◎	○	◎
ク リ プ	◎	△	◎
紙	◎	○	◎
布	△	▲	▲
プラスチック	▲	▲	▲

◎30秒以内で感知、○60秒以内で感知、△60秒を超えて感知、▲しきい値の変更により感知可能、×感知不能

〔実験II〕生活音実験による性能確認(表4)

- ア コンデンサマイク式遮断周波数5Hz
実施した全ての生活音に対して誤作動した。また、各要素の分離はできていない。(図20)
- イ コンデンサマイク式遮断周波数7Hz
前(ア)と同様の結果である。(図21)
- ウ セラミックマイク式遮断周波数5Hz
ストーブ以外は、すべて誤作動したが、各要素の分離は、扇風機の動圧を除き行うことができた。(図22)

表4 生活音実験結果

燃焼供試体	評 価		
	コンデンサ-5Hz	コンデンサ-7Hz	セラミック5Hz
歩 く	×	×	△
走 る	×	×	△
跳 ね る	×	×	△
叩 く	×	×	△
扇 風 機	×	×	×
反射型ストーブ	×	×	◎
温風型ストーブ	×	×	◎

○現状で問題なし、△今後、加速度情報を利用することによって燃焼音との区分けが可能、×区分け困難

(8) 考察

ア 遮断周波数の選択について

コンデンサマイク式遮断周波数5Hzとコンデンサマイク式遮断周波数7Hzのものとを比較すると、前者の暗騒音レベルは静圧が約 $1V^2$ に推移しているのに対し、後者は約 $4V^2$ になっている。一方、燃焼音のレベルは、クリプを例にすると、ともに約 $4.5V^2$ と同様の値を示しており、他の燃焼実験においても両者に有意差は認められない。以上のことから、

燃焼音以外の音である暗騒音のレベルを抑え、かつ燃焼音を検出することに支障のない、5Hzを遮断周波数とすることが、妥当であると考えられる。

イ 感知部の選択について

〔実験I〕及び〔実験II〕を通じ、コンデンサマイク式にあつては、すべて各要素の分離が確認できなかったことに対し、セラミックマイク式は、扇風機で動圧の分離ができなかったことを除き、各要素の分離が確認された。このことは、今後、本装置が加速度及び動圧の情報により、燃焼音と生活音とを区別する機構を取り入れる際に重要なポイントになる。よって、本装置の感知部は、セラミックマイク式が適していると考えられる。

(9) 今後の課題

- ア 今回の改良試作器は、人の動きによる生活音の測定に使用した、新方式の加速度分離型マイクを組み込み、性能確認として、その再現性を立証した。よって今後は、加速度分離型マイクから得られる、加速度及び動圧の情報から、燃焼音と生活音を区別する機構について検討する。
- イ 従来の自動火災報知設備の感知器は、それぞれの火災感知手段に応じ、設置場所の可否が明確化されており、そのことが感知器の信頼性を高めるために重要な役割をはたしている。本装置にとっても同様に適場合所の明確化が実用化に際し必要であることから、この設置場所の可否について調査する。
- ウ 今回の性能確認実験で改良試作器は、布とプラスチックの燃焼が検出できなかった。しかし、いずれの場合も、積分回路出力の増加が確認されたことから、しきい値を低くすることによって検出は可能である。ただし、これはあくまでも生活音の存在しない安静時のことであつて、実際にしきい値を下げることは、誤動作の危険を伴う。また、布及びプラスチックの燃焼の推移が、他の燃焼供試体での実験と比較し、緩慢であることを考慮すれば、火災と非火災の境界を示すデータであるとも考えられる。以上のことから、他の既存感知器を参考に、実用器として最低限検出しなければならない燃焼量を検討し、その目標に向けた装置の調整を行う。
- エ 各要素の分離機能の向上と装置の小型軽量化を図る。

本報告は、法政大学工学部の渡辺嘉二郎教授との共同研究によってまとめたものである。

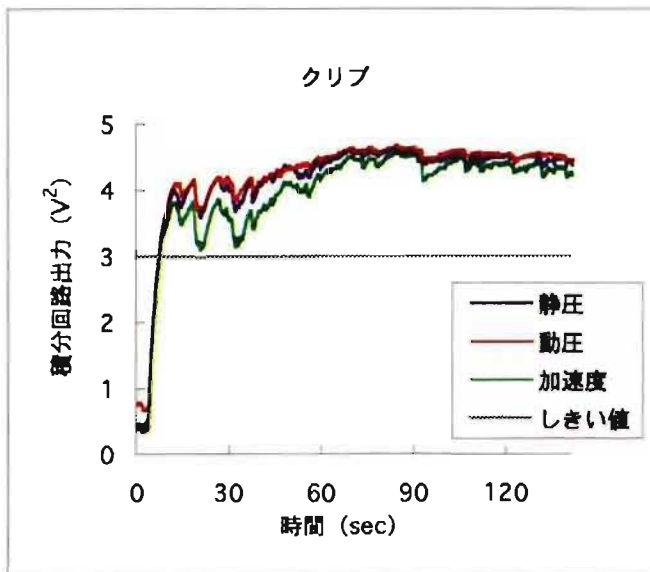


図17 コンデンサーマイク式 (5 Hz)

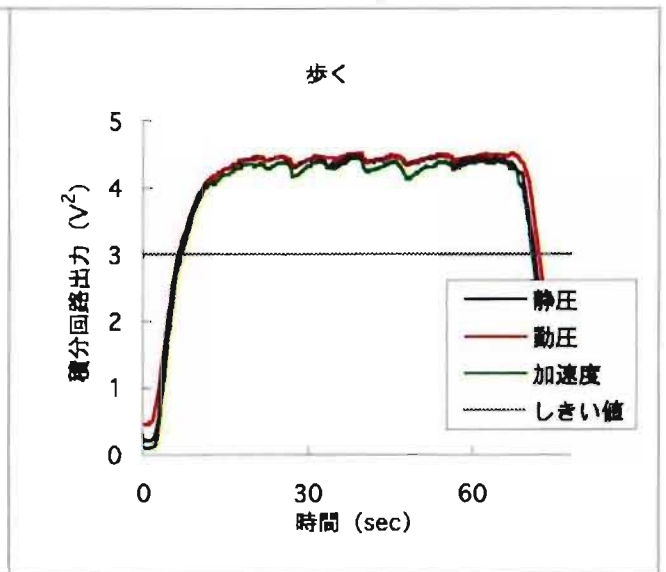


図20 コンデンサーマイク式 (5 Hz)

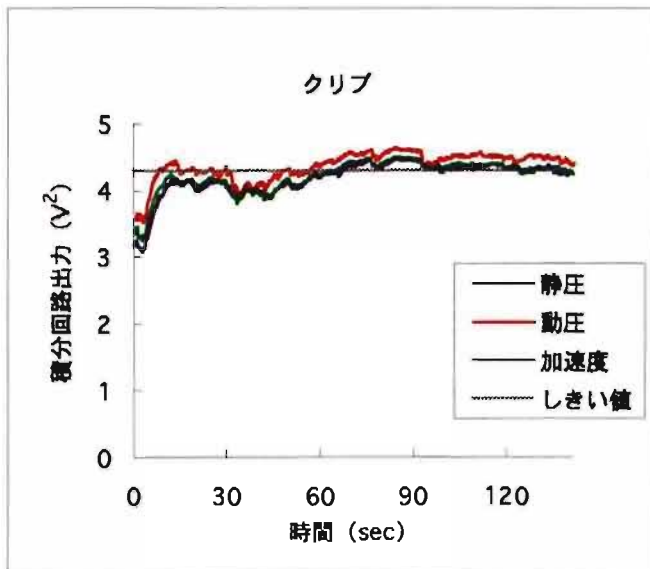


図18 コンデンサーマイク式 (7 Hz)

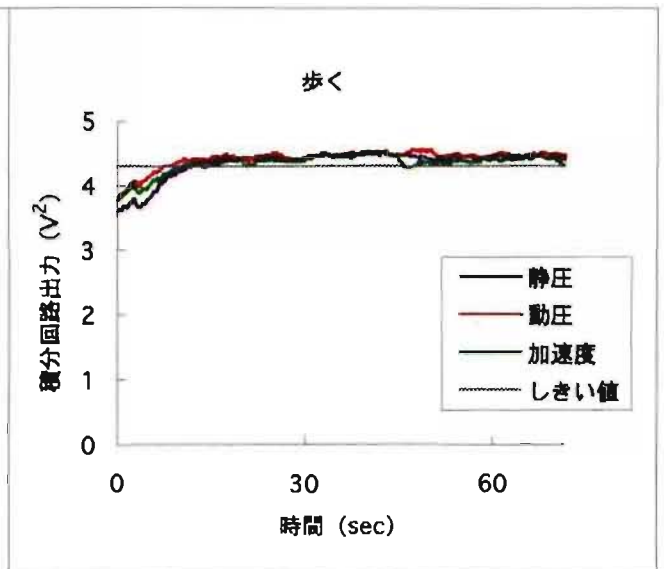


図21 コンデンサーマイク式 (7 Hz)

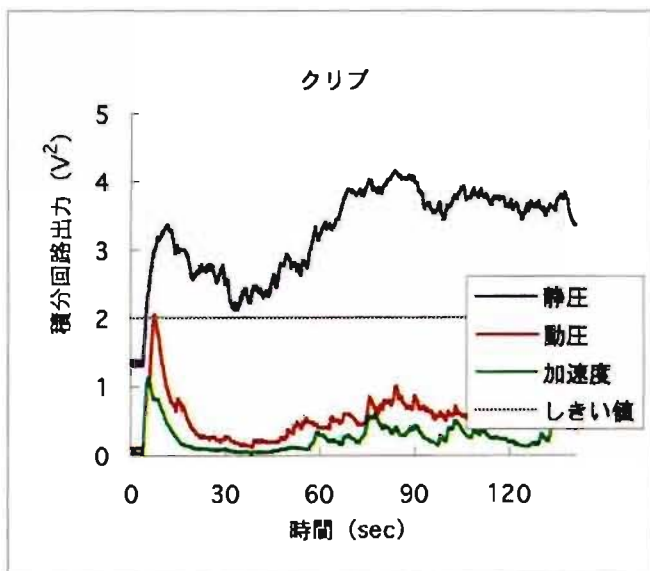


図19 セラミックマイク式 (5 Hz)

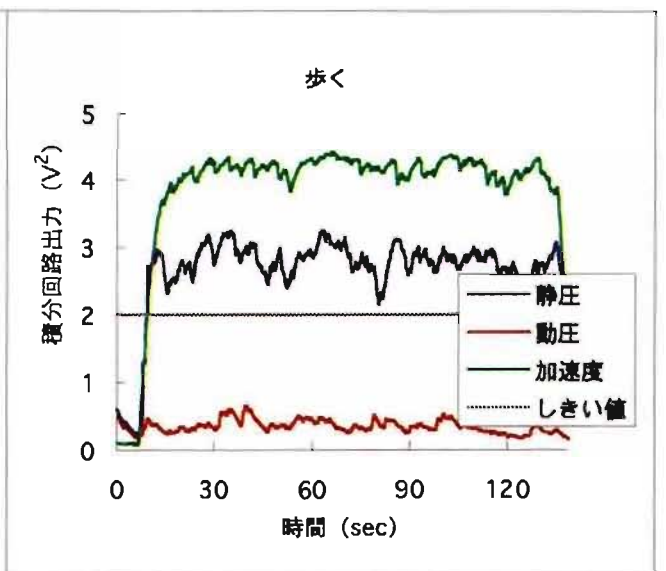


図22 セラミックマイク式 (5 Hz)