

PC 排熱と USB 電源を利用したパーソナル空調システムの開発 (その1) PC 発熱の測定とパーソナル暖房装置プロトタイプを試作

パーソナル空調 熱輸送 暖房

正会員 ○菊池世啓^{*1} 同 高橋 雄司^{*2}
正会員 小林 信行^{*3} 同 伊藤 一秀^{*4}

1. 目的

空調設計の熱負荷計算では、パーソナルコンピューター (PC) の発熱量は 1 台あたり 200W としている^{文1)}。中央演算処理装置 (CPU) の動作周波数向上に伴う発熱量は年々増加しており、更に処理能力向上を目指してマルチコア型 CPU の開発ならびに複数 CPU を搭載したマルチチップ型等の PC 開発が進められており、今後も PC 全体としての発熱量はますます上昇する可能性が高い^{文2)}。この PC 発熱量は夏期には冷房負荷の増加になる一方で、暖房時には居住域に設置された熱源となる。一部の PC は発熱処理に水冷方式が採用され始めているが、効率的な水冷ユニットの開発ならびに排熱位置の検討を行うことで、熱源からの輸送経路の短いパーソナル暖房装置としての使用可能性を有している。特に排熱位置を適切に設定することで、冬期の人体の局所温冷感を改善できる可能性がある。

本研究では人体近傍における局所空間の快適性の向上を目指した、PC 排熱を用いたパーソナル暖房装置の開発を最終目的とする。本報では空冷式 PC の各部の温度測定を行い、基礎データの収集を行うと共に、PC 各部の水冷ユニットの試作および

水冷ユニットに接続されたパーソナル暖房装置(図 1)のプロトタイプを制作し放熱パネルの表面温度と対流ユニットの吹出温度について測定した結果を報告する。

2. 空冷時の PC 各部の温度と排気熱量の測定

2.1 測定概要

図2にPCの各部位温度測定風景を、図3にPCの内部構成を、表1にPCの仕様を、表2に測定機器を示す。PCの主な発熱源はCPU・ビデオボード・ハードディスク(HDD)・電源である。本PCの発熱処理は筐体下部の開口から空気を取入れ、電源とCPU位置に設置されたファンにより空気を循環させる空冷式である。測定時はCPUに一定の演算負荷を与えるため円周率計算プログラム^{文3)}を実行した。

表2 測定機器

測定項目	測定機器
温度	T-CC 熱電対、データロガー
風速	熱線風速計

※CPUの演算負荷に円周率計算プログラム^{文3)}を用いた。CPUの占有率はCPU占有率モニタ^{文4)}にて測定し常時90%以上を確認した。

表3 PC 空冷時の測定結果

測定項目	測定値	測定項目	測定値
室温	13.6℃	電源内部ファン温度	23.3℃
PC 本体内部	16.8℃	排気温度(電源側)	19.8℃
CPU ファン温度	30.2℃	排気温度(CPU 側)	23.6℃
ビデオボードファン温度	38.8℃	排気風量(電源側)	7.9 m ³ /h
HDD 表面温度	22.4℃	排気風量(CPU 側)	10.4 m ³ /h
電源周囲表面温度	19.3℃	排気熱量	50.7 W

表4 パーソナル暖房装置の概要

構成部品	仕様
水冷ヘッダー (図4)	CPU、ビデオボード、HDD、電源に設置(当部品は発熱源の熱を循環水と熱交換する部品。機器の発熱箇所との接触部分は銅製)
ポンプ (図4)	送水量: 毎分 1200cc (ユニット内水量 300cc) 電源: 定格電圧 12V、定格電流 0.2A (PCの電源ユニットからの供給)
放熱パネル (図5)	放熱部: アルミ製、150×200mm 2mm厚、1枚 配管: φ6mmのチューブ、長さ1220mm 配管部分: 発泡スチレン製、10mm厚
対流ユニット (図6)	放熱部: アルミ製、吹出面積 90×85mm 送風機: 平均風速 0.35m/s、風量 9.6m ³ /h

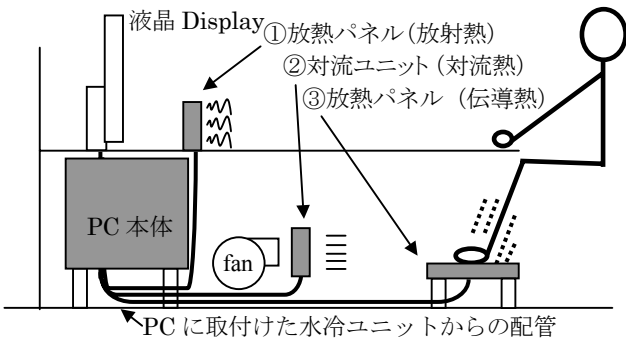


図1 パーソナル暖房装置の例



図2 測定風景

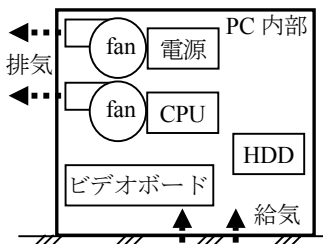


図3 PC 本体内部の構成

表1 研究の対象としたPCの仕様

構成	仕様
CPU	I社 Pentium III 動作周波数 1GHz 消費電力 26W
ビデオボード	ビデオメモリ 8MB AGP 接続
HDD	容量 20GB 回転数 7200rpm
電源	容量 200W (PCは2000年製)



図4 水冷ユニット



図5 放熱パネル



図6 対流ユニット

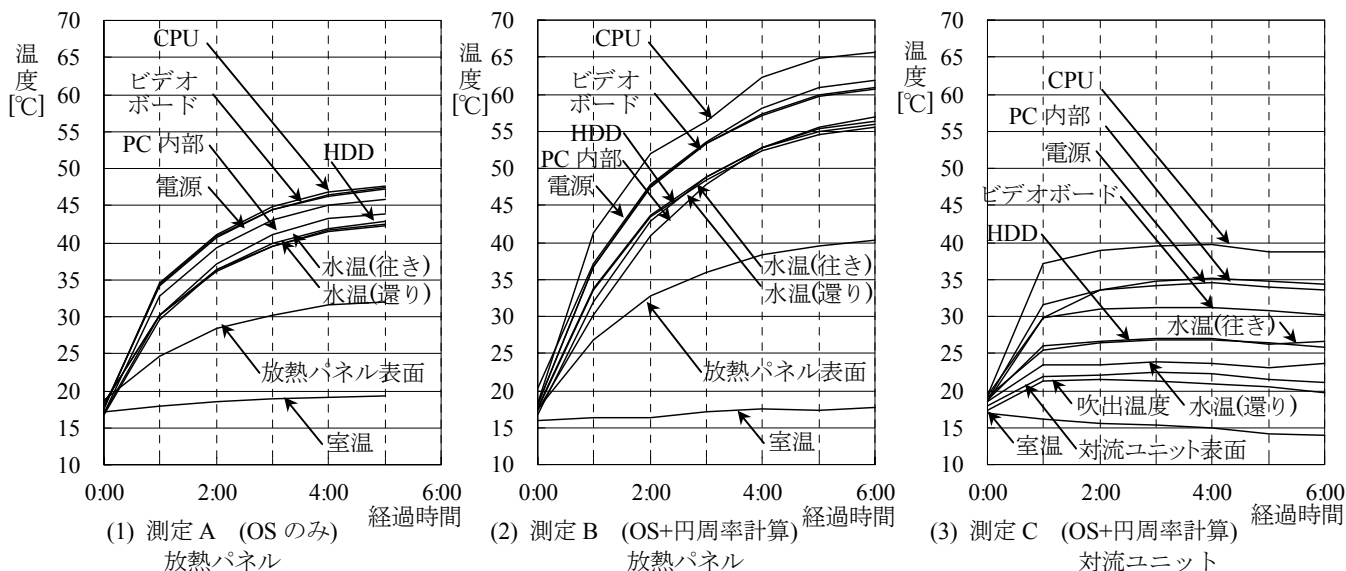


図7 PC各部と放熱パネルおよび対流ユニットの温度の時刻変化

2.2 測定結果

表3に測定結果を示す。室温約14°Cの下で各機器の表面温度は約19~39°Cとなった。排気による排熱量は51Wとなり、PCの発熱量が200W/台とすると、排気による発熱(排熱)量は約1/4となる。残りの3/4は液晶ディスプレイ等のモニタ、PCの筐体から放熱されていると考えられる。

3. パーソナル暖房装置の概要と各装置の温熱測定

表4に暖房装置を、図4に水冷ユニットを、図5に放熱パネルを、図6に対流ユニットを示す。水冷ユニットはポンプと熱交換用水冷ヘッダーを結合し集熱する。その後、循環水により放熱パネルもしくは対流ユニットに輸送し人体近傍にて放熱する。PC本体は断熱材で梱包した条件で実験を行う。表5に測定ケースを示す。測定BとCは円周率計算を行いCPUに一定の演算負荷を与えた。図7に温度の時刻変化を、表6と表7に定常状態における温度の測定結果を示す。

3.1 測定A 放熱パネル(OSのみ)の結果

PC起動2時間後^{注1)}は、室温18.5°Cのとき放熱パネルの温度は28.5°Cとなり室温より10°C高い。5時間後の定常状態では、放熱パネルの温度は31.9°Cで室温より約13°C高い。

3.2 測定B 放熱パネル(OS+円周率計算)の結果

PC起動2時間後は、室温16.3°Cのとき放熱パネルの温度は32.8°Cとなり室温より約17°C高い。6時間後の定常状態では、放熱パネルの温度は40.2°Cで室温より約23°C高い。

3.3 測定C 対流ユニット(OS+円周率計算)の結果

PC起動2時間後は、室温15.5°Cのとき吹出温度は21.3°Cとなり室温より約6°C高い。3時間後の定常状態では、室温15.2°Cで吹出温度が21.3°Cとなり、その差は約6°Cとなった。

3.4 放熱パネルおよび対流ユニットの暖房方式の検討

一般的に低温方式の放射暖房では許容最高表面温度を床面で31°C、天井や壁面で43°Cとしており^{文1)}、ケースBでは、実験開始2時間後の放熱パネルの表面温度は約31°Cとなることから、放熱パネルは暖房の補助的な装置としての使用

表5 測定ケース

測定ケース	暖房装置	PCソフトの稼動
ケースA	放熱パネル	OSのみ稼動
ケースB	放熱パネル	OS+円周率計算プログラム
ケースC	対流ユニット	OS+円周率計算プログラム

表6 放熱パネルの測定結果(定常状態)

測定ケース	放熱パネル	室温	水温
ケースA	31.9 °C	19.3 °C	42.3 °C
ケースB	40.2 °C	17.5 °C	55.9 °C

表7 対流ユニットの測定結果(定常状態)

測定ケース	吹出温度	室温	水温
ケースC	21.3 °C	15.2 °C	27.0 °C

表8 最新型のPCに使われているCPUの最大消費電力

CPU(デュアルCPU)	動作周波数	最大消費電力
I社 製品O	2.2GHz	240W(CPU単体は89W)
I社 製品X	3.2GHz	340W(CPU単体は103W)

が考えられる。表8に最新型のPCに使用されているCPUの最大消費電力を示す。この場合のCPUの消費電力は本実験のPCの約10倍以上であり、効率的な水冷ユニットの開発が望まれるとともに、パーソナル暖房の熱源として利用できる可能性が高まるものとする。

4. 結論

PC排熱利用型パーソナル暖房装置として水冷ユニットの試作とパーソナル暖房装置のプロトタイプを制作した。また、基礎実験として空冷式PC各部位の温度測定、および水冷ユニットとパーソナル暖房装置の温度測定を行った。

- (1) 放熱パネルは室温17.5°Cで表面温度40.2°Cとなった。
- (2) 対流ユニットは室温15.2°Cで吹出温度21.3°Cとなった。

[注] 1) 実際の就業時間を考慮しPC起動後2時間後の状態を想定。

[参考文献]

- 1) 空気調和衛生工学便覧第13版 3.空気調和設備設計編
- 2) 日経 WinPC2004年12月号
- 3) スーパーπ Ver1.1 円周率計算プログラム 東京大学金田研究室
- 4) CRN Monitor (<http://www.vector.co.jp/>)

*1 川本工業(株)博士(工学)
 *2 東京工芸大学大学院(川本工業(株))
 *3 東京工芸大学学長・工学博士
 *4 東京工芸大学 助教授・博士(工学)

Kawamoto Industries, Ltd, Dr. Eng.
 Graduate School Tokyo Polytechnic University, (Kawamoto Industries, Ltd.)
 President, Tokyo Polytechnic University, Dr. Eng.
 Associate Prof., Tokyo Polytechnic University, Dr. Eng.