

# オーバークロックにより常温で CPU が 5GHz で作動！

青森公立大学経営経済学部 田中寛  
Email: tanaka@nebuta.ac.jp

◎Key Words インテル CPU Core i7-3770K, オーバークロック, ATX マザーボード

## 1. はじめに

PC のオーバークロックとは、PC の心臓部部品である CPU を製品の定格クロック周波数を超えて動作させることである。すなわち、通常の PC よりも動作スピードを速くして PC を利用しようとするのである。その結果として PC の処理性能が高くなるのが期待される。その一方で、オーバークロックにより部品の定格よりも過酷な状態にするのであり、場合によっては CPU を破壊することにもなりかねないのである。したがって、PC をオーバークロックすることによっては PC ベンダーはもちろん CPU メーカーからも製品保証は得られないことになる。

PC をオーバークロックで動かすには、PC のあらゆる構成要素を動員しなければならない。しかも、PC を破壊しないように慎重に進めなければならない。PC の構成要素としてあげることができるのは、まず、PC の心臓である CPU であり、小さい形状の CPU を装着して PC として働くことができるようにするマザーボード、OS を含む種々のソフトウェア、人間とのインターフェースなどのマザーボードに接続する外部装置である。これらの構成要素のうちで、外部接続装置は普通の PC とまったく同様の使い方をする。また、ソフトウェアはオーバークロックの効果を確かめるために多少の工夫が必要となる。したがって、オーバークロックで主要な働きをするのは、残りの CPU とマザーボードであるということである。

筆者はインテル CPU Core i7-2700k でのオーバークロックを行なって 4.9GHz を実現したが<sup>1)</sup>、本論文では CPU Core i7-3770k で 5.0GHz を実現する。2 においては、自作 PC でのオーバークロックの概略を述べる。3 においては、オーバークロックの結果およびその結果についての考察を明らかにする。4 においては、結論を述べる。

## 2. オーバークロックの概略

以下に、オーバークロックを行なうにあたって留意する点を述べる。

### 2.1 CPU

CPU は PC の心臓部であることは何回も述べたが、PC が電卓の部品を用いてコンピュータとして作成されて以来変わっていない。CPU こそが電卓の部品と

してももとは開発されたものであることは、あまり知られてはいない。現在 CPU を PC 向けに商品提供している企業は、ほぼ、インテルと AMD のみである。

CPU は、超 LSI 半導体マイクロチップである。したがって、原理的には電子回路でしかない。それが超高密度に詰め込まれているのである。我々がオーバークロックで使う CPU はインテルの Core i7-3770k であるが、22nm というリソグラフィプロセス技術が使われている。一個のこの CPU チップには、4 個の CPU コアがあり、ハイパースレッド技術により 8 個の CPU があるかのように動作する。最近の CPU 技術の進歩は、個々の CPU コアの進歩ではなくて、マルチコア技術である。定格のクロック周波数は 3.5GHz であるが、ターボブースト技術により最大 3.9GHz まで自動的に速くなる。

以上のことから、オーバークロックの周波数は 3.9GHz 以上と考えることにする。また、CPU をマルチコアで動作させると、コア同士の間で何らかの干渉が起こる可能性があるため、スレッド技術を用いない単一のコアでオーバークロックを行なうことにする。

### 2.2 マザーボードと BIOS

CPU のオーバークロックを行なうといっても、CPU チップそれ自身に外部から直接操作できるなにか仕掛けがあるわけではない。CPU はマザーボードに固定されて PC として動作する。そのマザーボードにオーバークロックの仕掛けがあるのである。

AT マザーボードは、各メーカーが自分の製品のためだけに利用できるものであった。その結果、PC を買い替えると従来利用していた PC の構成要素を再利用することがほとんどできなかった。そこで、業界団体としてマザーボードの規格化がおこなわれ、ATX という仕様が策定された。その結果として、PC ベンダー以外のマザーボードメーカーが現れ、今やマザーボード専門メーカーしかなくなってしまった。

PC がコンピュータとして作動している時はいつでも、すべてのハードウェアは BIOS(Basic Input Output System) というファームウェアで直接制御されている。この状況は、初期の IBM PC 以来変わりはなく、この BIOS は、PC の電源が ON にされると、マザーボードの ROM に記憶されているものが記憶領域にコピーされて、CPU が一番最初に

動作させるプログラムであることになっている。そして、PCの電源がOFFにされるまで動作し続けるのである。

オーバークロックとの関連で問題となるのは、マザーボードの規格がATXになって以来、このBIOSの役割が変質したことである。しかも、高機能化は留まることがないくらいの勢いである。ATマザーボードではBIOSの設定変更は、通常的手段ではまず不可能であったが、ATXではPC起動時のBIOS動作開始前に設定画面を表示し設定内容の変更ができるようになった。さらに、ファームウェアとしての変更をROMに反映できるようになった。つまり、BIOSプログラムの設定変更をあたかも通常のプログラムの読み書きと同様に扱うことができるようになった。

我々がオーバークロックで用いるマザーボードは、ASUS社製のMAXIMUS V EXTREMEである。"Republic of Gamers(R.O.G)"シリーズと称されるマザーボードの一つである。このマザーボードのマニュアルには、「R.O.Gシリーズは、ASUSがオーバークロッカーおよびパソコンゲーマー向けに特別に設計を行なっている製品シリーズです。」と書かれている。<sup>2)</sup>

このマザーボードのBIOS設定は、起動するメディアの選択をすべてのソフトウェアとデータを記憶させてあるSSDにする。設定項目にあるCPUに付加する電圧と周波数の項目がオーバークロックに直接関係する。CPUコアは4個あるうちの1個だけを動作させ、ターボブースト機能は無効とする。その他のほとんどの項目は「AUTO」とする。

CPUに付加する電圧は、0.05V単位で設定を変えられることができる。どの範囲の電圧設定でPCを動かすことができるかは、オーバークロックを実際に行ってみなければわからない。

オーバークロックの設定方法は、メモリーバスの速度とは独立に、CPUの設定だけを変化させるものである。メモリーバスの速度はシステムのパフォーマンスと無関係ではありえないが、どうせCPUの速度に比べるとかなり遅い。いまオーバークロックとして3.9GHz以上を考えているが、用いるDDR3-1333という規格のメモリーの周波数は最高で667MHzにすぎない。BIOS設定のメモリー速度の項目を「AUTO」とすれば、この最高速度で動作する。CPUの項目として変化させることができるのは、動作周波数と付加電圧である。先にも述べたように、用いるCPUはマルチコアであるが、単一のコアだけでオーバークロックを行なう。この設定もBIOS設定項目にある。CPUの動作周波数は、ターボブースト機能が有効の時の3.9GHzから0.1GHz単位で上げることにする。動作周波数の上限は、オーバークロックを実際に行ってみなければわからない。

### 2.3 ソフトウェアとデータ

オーバークロックは、PCをあるOSで起動して、起動できれば様々な性能を測定するソフトウェアを動作させてみて、通常は成功とされる。オーバーク

ロックが失敗とされるのは、OSの起動に失敗した場合のみであり、性能測定のソフトウェアの動作に失敗しても、性能の測定が不能であるが一応オーバークロックは成功とされる。しかし、オーバークロックを実用面で用いようとすると、短時間だけのPCの動作の持続をもって、オーバークロックの成功とはみなせない。オーバークロックは、PCゲームと長時間の数値処理に対して主として用いられる。これらは、一度の処理によって処理が終わるようにする必要がある。

オーバークロックの状態が持続する時間を知ることが今の課題ではない。CPUの動作周波数をどこまで上げていくことができるかをまず知り、その際の各動作周波数での付加電圧の範囲を知ることが問題である。そして、動作周波数に対する処理時間の関係を得ることである。当然、動作周波数が上がれば処理時間が短くなると予想されるが、どの程度のオーバークロックの効果があるかは興味のあるところである。

用いるOSは、Linuxのデストリビューションの一つであるUbuntuである。オーバークロックを行なった時点での最新版であるUbuntu12.10である。そのコアカーネルは、Kernel 3.8.0-22-genericである。64ビット版もあるが、後に述べる理由により32ビット版を用いる。このOSに付属するC言語コンパイラは、gcc4.7.3である。現在までのところ、C言語コンパイラの正式64ビット版は存在しない。これらすべてをSSDにインストールし、OSとして起動できるようにする。

オーバークロックが成功したか否かの基準として、以前に筆者が作成したポートフォリオのプログラム<sup>3)</sup>の実行が約100分前後で終了して、UNIXのtimeコマンドのその時間が表示されるか否かとする。OSが起動したとしても、実行処理が途中で止まることが起きる場合は、オーバークロックの失敗とする。プログラムの実行処理が途中で止まるのは、OS自身がハングアップするしかありえないからである。というのは、全く同じ実行プログラムは、OSがハングアップしない条件下ではちゃんと最後まで動作するからである。このオーバークロックの判断基準は、普通のオーバークロックに比べると格段に厳しいものである。

ポートフォリオを計算するプログラムでは、GMPという多倍長計算ライブラリーが使われている。GMPのソースコードをダウンロードして、64ビットおよび32ビットOS上でそれぞれインストール作業を行なう。そして、ポートフォリオの計算を行なうと、それぞれのOSによって計算結果が異なる。このようになる原因として考えられることは、インストール作業で使用されるコンパイラがどちらのOSでも同じ32ビット版のC言語コンパイラであり、問題なくインストールがおわったように見えても、64ビットOSではどこかにバグがあるのかもしれない。いずれにしても多倍長での計算を行なうので、計算精度はプログラムで直接自由に指定できて、C言語コンパイラの64ビットと32ビットの精度の違いは問題

とならない。そこで、歴史的にも長く使い続けられてきて信頼性の高い32ビット版のOS上のC言語コンパイラを用いることにする。

計算に用いるポートフォリオのデータは、インターネット上で手に入れることのできる株価情報を用いる<sup>4)</sup>。2012年12月の東京と大阪の証券市場で取り扱われた銘柄から、一日でも売買がなされなかったものを除く3051銘柄についてMarkowitz理論に基づく処理を行なう。基本的には、 $3051 \times 3051$ の連立一次方程式を数値計算で解く。今迄に述べてきたPCのハードウェアとソフトウェアによって、オーバークロックを働かせないと約100分かかると計算量である。オーバークロックによって、この計算時間が、どのように短くなるかが問題である。計算結果自体は、すべてのオーバークロックで当然のことながら一致しているべきものであって、計算時間だけが異なるのである。

### 3. オーバークロックの結果と考察

オーバークロックの結果の全体像を表に示す。表の列の数字はCPUの動作周波数の100MHz単位での表示である。表の行の数字はCPUの付加電圧である。表1の○印は、2で述べた基準でのオーバークロックの成功である。△印は、PCのOSが起動はしたがオーバークロックは失敗であったものである。この中には、OS起動直後にPCが動作しなくなったものから、オーバークロックの成功直前に失敗したものまで含まれる。×印は、PCのOSが起動さえしなかったことを示す。空白のデータは、オーバークロックの試みをしなかった組み合わせである。この中には、PCの起動が見込めないと思われる×印の外側にあるものと、起動することが期待されることがかなりの程度明らかである○印の内側のものなどが含まれる。

表から、PCのOSが起動する最低の付加電圧は、動作周波数が大きくなるに従って、大きくなることが分かる。このことは、半導体素子であるトランジスタを動作周波数を高くして動作させるには、付加電圧を大きくしなければならないことから予想される。一方、PCのOSが起動しさらにオーバークロックが成功する最大の付加電圧の様相は極めて単純である。3.9GHzから5.0GHzまでのすべてのオーバークロック動作周波数において、付加電圧1.54Vでは成功し、付加電圧1.545Vでは失敗である。失敗の原因は、BIOS起動時にCPUの温度が設定の105°Cを超えたということが表示される。この様相は、2700Kの場合<sup>1)</sup>と非常に異なる。3770Kでのリソグラフィ技術は22nmであるために、32nmの2700Kよりもかなり付加電圧を高くすることが出来るようになった。その結果、2700kで見えていた高付加電圧側の構造が、3770Kではその構造が現れるよりも先に高温エラーが出現したと考えられる。

### 4. おわりに

インテル社製CPUであるCore i7-3770Kのオー

バークロックを行なって、CPUの性能をどこまで向上できるかを調べた。その際に、CPUがPCの心臓部として働くのに重要な役割を果たすマザーボードとして、ASUS社製のMAXIMUS IV EXTREMEを用いた。このマザーボードでは、BIOSの設定によりCPUの動作周波数と付加電圧をそれぞれ独立に変えることが出来た。オーバークロックの結果、CPU性能に直接の効果を及ぼす動作周波数は、5.0GHzまで上げることが出来た。この値は、定格動作周波数3.5GHzの1.4倍以上であり、通常のオーバークロックでのせいぜい1.2倍程度とされているのと比べて格段の性能向上である。

表

100MHz	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
1	△												
1.005	△												
1.01	○	×											
1.015		×											
1.02		×											
1.025		×											
1.03		○											
1.035													
1.04			×										
1.045													
1.05			△										
1.055			○										
1.06													
1.065													
1.07				×									
1.075				×									
1.08				○									
1.085													
1.09					×								
1.095													
1.1					△								
1.105					△								
1.11					○	×							
1.115													
1.12						×							
1.125													
1.13						△							
1.135						△							
1.14						○							
1.145													
1.15							×						
1.155													
1.16							△	×					
1.165							△						
1.17							△	×					
1.175							○						
1.18								×					
1.185													
1.19								×					
1.195													
1.2								△	×				
1.205								△					
1.21								○					
1.215													
1.22									×				
1.225													
1.23									×				
1.235													
1.24									△				
1.245									△				
1.25									△				
1.255									○				
1.26													
1.265													
1.27													
1.275									○				
1.28													
1.285													
1.29													
1.295													
1.3													
1.305													
1.31													
1.315													
1.32										×			
1.325										△			
1.33										△			
1.335										○			
1.34										○			
1.345													
1.35											×		
1.355													
1.36											×		
1.365													
1.37											×		
1.375													
1.38									○	×			
1.385													
1.39										×		×	
1.395										△			
1.4										○		×	
1.405													
1.41													
1.415													
1.42										○			
1.425													
1.43													
1.435													
1.44													
1.445													
1.45												×	
1.455													
1.46										○		×	
1.465													
1.47													
1.475													
1.48													
1.485													
1.49													
1.495										○		×	
1.5													
1.505													
1.51													
1.515													
1.52										○		×	
1.525													
1.53												×	
1.535												△	
1.54	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×
1.545	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
1.55										×			