

スマートフォンのカメラとセンサー

大阪市立科学館 長谷川 能三

総務省の情報通信白書によると、2010年にはわずか9.7%だったスマートフォンの世帯普及率が、3年後の2013年には62.6%、そして2021年には88.6%と増えています(世帯普及率ですので、自分は持っていないでも家族の誰かは持っているという世帯の割合です)。私自身は2011年から使い始めましたので、普及率が高くなっていったのとほぼ同じ時期ですね。

携帯電話とスマートフォンの大きな違いは、さまざまなアプリがあって、それをインストールすればいろいろなことができるということですが、いろいろなことをするために、スマートフォン本体には高性能のカメラやさまざまなセンサーなどが付いています。

1. カメラ

カメラが付いた携帯電話が発売されたのは1999年。2001年頃からは携帯電話で撮った写真をメールに添付して送る「写メール」でカメラ付き携帯電話が一般的になっていきました。しかしまだカメラの性能は低く、同時期のデジタルカメラとは画質に大きな差がありました。それに対して、現在のスマートフォンに付いているカメラは高性能で、デジタルカメラで写したのかスマートフォンで写したのか、なかなかわからなくなっています。

薄いスマートフォンの中に収めて、かつ高性能にするために、最近のスマートフォンにはカメラが複数(2~4個)付いているものが増えています。これは、広角担当のカメラ、標準担当のカメラ、望遠担当のカメラ…と分け、それぞれの担当範囲に特化することで性能を高めているのです。それでも、ズームをしたときにはデジタルズーム(写っている範囲の一部を切り出して大きくする)とカメラの切り替えが自動的に行なわれるため、使っている私たちはカメラが複数付いていることをあまり意識することはありません。

このようにカメラを分けることにより、広角レンズの写る範囲が非常に広がっていて、焦点距離が13mm相当(35mm版換算)くらいのもが増えてきています。これは、上下(長い方)の画角が100度を超えていますので、画角の下の方に水平線を入れても、一番上は頭の真上を超えて少し後ろまで写ってしまうこととなります。また、虹は半径42度ととても大きいため、超広角レンズか魚眼レンズでないとい全体を写すことができなかつたのですが、毎日持ち歩くスマートフォンで撮影できてしまうようになったのです。



図1. スマートフォンで撮影した虹 (写真提供:山本光一氏)

一方、望遠の方は、レンズの焦点距離を長くすると、どうしてもカメラそのものが長くなりがちであるため、薄いスマートフォンの中に収めるのに限界がありました。しかし最近では、ペリスコープカメラという先端に90度光路を曲げるプリズムを付けたカメラを、本体の中に横向きに収めたスマートフォンが登場しました。これにより、焦点距離がこれまでより長いレンズを用いることができるため、スマートフォンで月のクレーターまで写すことができるようになってきています。

まだこのような望遠レンズを内蔵したスマートフォンは極一部ですが、スマートフォンのレンズ部分に取り付ける望遠レンズアダプターや広角レンズアダプターなども売られていますので、必要に応じて利用するという方法もあります。同じようにレンズの部分に取り付ける顕微鏡アダプターもあり、小さなものを拡大して撮影することもできます。

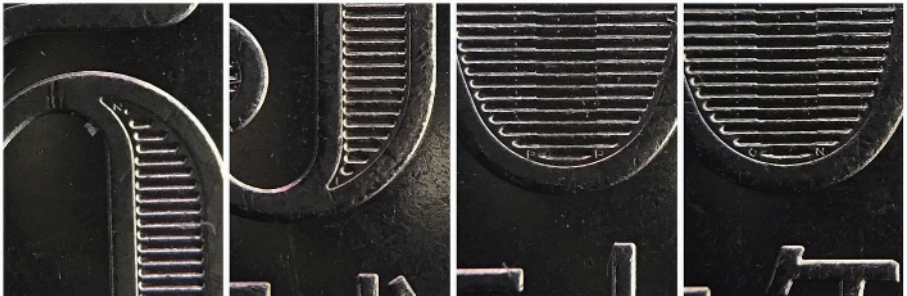


図2. 顕微鏡アダプターを付けて撮影した500円硬貨の「N」「I」「P」「P」「O」「N」

一方、カメラのフィルムにあたる撮像素子(イメージセンサー)には、一般にCCDかCMOSといわれるものが使われます。CCDは画質が高く、CMOSは製造コストが安く消費電力も少ないというのが特徴でした。当初、携帯電話のカメラではCMOSが、デジタルカメラではCCDが使われることが多かったのですが、CMOSが高画質化され、今ではCMOSが一般的となっています。

CCDでもCMOSでもきれいに写ればどちらでも…ということなのですが、速く動いているものを撮影した場合には、大きな違いが出る場合があります。それは、CCDは画面全体を同時に撮影するのに対して、CMOSは端から順に撮影しているからです。このため、例えば走っている電車を写すと、電車の車両が斜めにゆがんで写ったり、カメラの向きによっては進行方向に伸びたり縮んで写ることがあります。図3は、飛んでいる飛行機のプロペラを撮影したもので、CCDを使ったデジタルカメラではプロペラの羽根はまっすぐに写っていますが、CMOSを使ったスマートフォンのカメラではプロペラの羽根が曲がったりちぎれているかのように写ってしまいました。



図3. CCD(左)とCMOS(右)を使用したカメラで撮影した飛行機のプロペラ

また、スローモーション撮影ができるスマートフォンも多くなっています。図4は、お皿の上に牛乳をポタッ…ポタッ…と落としているのをスローモーションで撮影したものです。撮影した動画からミルククラウンになった瞬間をスクリーンショットで静止画にしました。1回ではうまくいきませんが、スローモーションで何度か撮影することで、スマートフォンでもこのような写真を撮ることができるのです。



図4. ミルククラウン

図5は、手持ちで蛍を撮影したもので、蛍だけではなく、北斗七星などの星もたくさん写っています。長時間露出をすると星がぶれてしましますが、どうやら短時間露出の写真をたくさん撮影して、これらの写真を手振れを考慮した上で重ねて合成する…ということ、最近のスマートフォンは自動でしているようです。

この写真は手持ちで撮影したのですが、スマートフォンを台などの上に置いてセルフタイマーで撮ると、もっときれいに星を写すことができます。



図5. 手持ちで撮影した蛍と星空

2. 気圧センサー

スマートフォンにはさまざまなセンサーが内蔵されていますが、その中のひとつに気圧センサーがあります。「気圧」や「barometer」というキーワードでアプリを検索すると、気圧を表示したりグラフを描くアプリがたくさんできます。

図6は、2018年9月4日の気圧の変化で、この日は台風31号が徳島県に上陸、その後神戸市付近に再上陸しました。バックグラウンドでデータを記録するアプリが見つからなかったため所々データが抜けていますが、気圧の変化がよくわかります。

このように、気圧センサーによってももちろん気象状況による気圧の変化を調べることができるのですが、気圧センサーの役目はそれだけではありません。

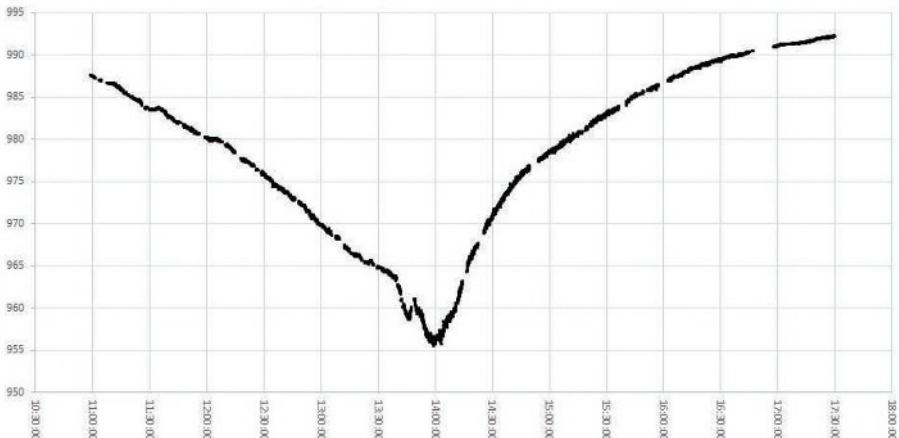


図6. 台風接近時の気圧の変化(2018年9月4日)

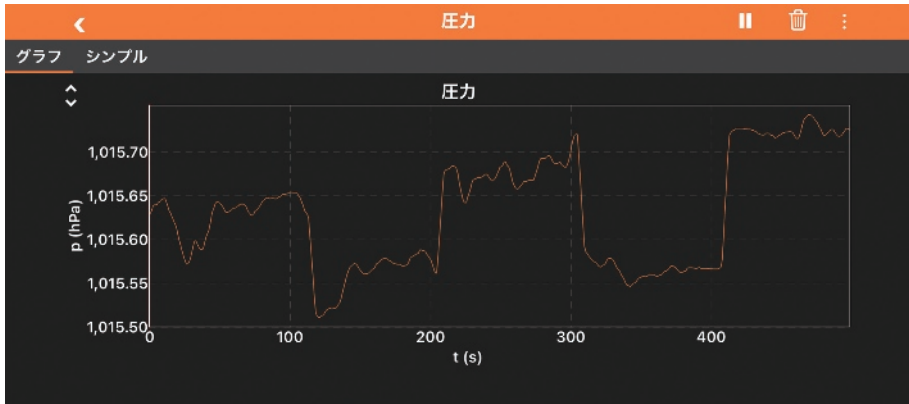


図7. スマートフォンを1m上下させたときの気圧の変化

気圧を表示するアプリでは、気圧がなんと0.01hPa(ヘクトパスカル)や0.001hPa刻みで表示されます。図7は、スマートフォンを100秒毎に床に置いたり1mの高さの棚に置いたりした時の気圧の変化を「phyphox」というアプリで記録したものです。全体的に気圧が少しずつ高くなっているのかなという傾向や細かな変動がありますが、100秒毎に気圧が0.1hPa程度上下しているのがわかります。ちなみに、気圧が高い方が床に置いたとき、気圧が低い方が1mの高さに置いたときです。

そもそも気圧は、その上にある空気の重さによるものです。固いものが上に乗っていると上からしか押さえつけられませんが、空気や水のように流動性があると、上に乗っているものの重さで、上からだけでなく横からでも下からでも押されます。これが気圧や水圧なのですが、高さが1m変わったくらいで気圧は変わるのでしょうか？

1hPaは、1cm×1cmの面に0.01N(ニュートン)という大きさの力がかかっている場合の圧力で、0.01Nは約1.02gのものが乗って、その重さで押されているのと同じです。気圧が0.1hPa程度変化したということは、1cm×1cmの面積の上に乗っている空気の質量(重さ)が0.1g程度変わったということになります。1cm×1cmの面積で1mの高さの差だと、乗っている空気の量が100mL変わるということになりますから、この空気100mLが0.1g程度ということでしょうか？

空気の質量は1mol(窒素分子や酸素分子等を合わせて約 6×10^{23} 個)で29.5gになります。この1molの空気の体積は、0°C 1気圧で22.4Lです。つまり、空気は100mLで0.13gくらいということになりますので、図7の気圧の変化とほぼ一致するのです。

ただし、気圧はこのように気象状況と高度によって変化するため、気圧を表示するアプリでは、スマートフォンの位置の気圧と、海拔0mでの気圧の両方が表示されたり選択するようになっていきます。しかし海拔0mの気圧は、スマートフォンの位置(高度)情報から計算するため、気圧の値が急に変わることが多いのでご注意ください。

3. 各種センサーと「phyphox」

スマートフォンには他にもさまざまなセンサーが組み込まれていて、これらのセンサーのデータを組み合わせて利用しているアプリも多いのです。例えば、ヘルスケアというアプリで上がった階数が表示されるのですが、気圧の変化だけでなく、おそらく振動センサーや加速度センサーのデータから、エスカレーターを使っているのではなく階段を歩いて上っていることを判断しているのでしょう。

図7は、このような元になるセンサーのデータをほぼ生で表示する「phyphox」というアプリを使用していて、センサー出力に「gを含まない加速度」「ジャイロスコープ(回転速度)」「位置(GPS)」「圧力」「磁力計」「重力加速度gを含む加速度」という項目があります(図8)。また、この「phyphox」は、測定した値をcsvやエクセルのファイルで出力することができるので、パソコンに転送してデータを利用することもできます。



図8. phyphox

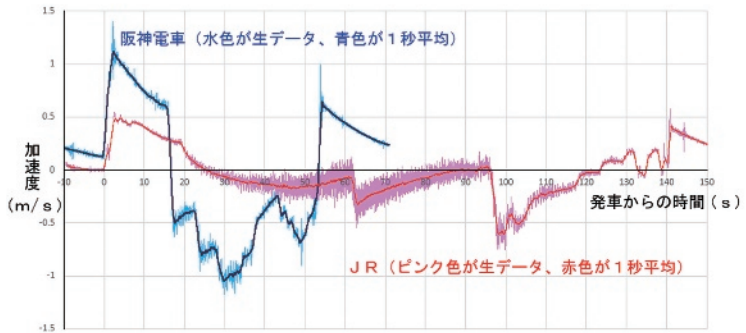


図9. JRと阪神電車の普通電車の加速度

例えば図9は、電車が駅を発車してから次の駅に着くまでの加速度を測定したもので、赤色がJRの普通電車、青色が阪神電車の普通電車(ジェットカー)です。こうして測定すると、駅間の短い阪神電車は加速度が大きいのがよくわかります。ただ、電車が停止(JRは141秒後、阪神電車は54秒後)しても加速度の測定値が0にならず、ダラダラと下がっているのは変ですね。そもそもスマートフォンのセンサーは物理的な測定を目的にしたものではありませんので、その特性や精度がどうなっているのかはわかりません。しかし、JRと阪神で加速度が大きく違うことはこれでわかりました。

ここで紹介したのは、スマートフォンの特徴や機能のほんの一部にしか過ぎません。これだけの性能のカメラを毎日持ち歩いているだけでも、何か珍しい現象に遭遇したらすぐに写真に撮ることができます。他にもさまざまなアプリやスマートフォンに接続する測定機などもありますので、新しい使い方のきっかけになればと思います。

(はせがわ よしみ・大阪市立科学館 学芸員)