

# 加速度センサと Arduino UNO を用いたタッチパネルモニタによる 反応時間計測システムの開発

石田 光男\*<sup>1)</sup> 石原 正規\*<sup>2)</sup> 佐藤 壮平\*<sup>2)</sup>

心理学実験におけるタッチパネルモニタの使用の利点は、手の到達運動によるモニタ接触を直接記録できる点である。しかしながら、コンピュータのマウスやキーボードといった入力装置と比較すると、このようなデバイスによる反応時間(RT)は十分な精度を得られない可能性がある。モニタを介したRTの測定には接触角度、面積、持続時間の違いが影響すると想定される。そこで本研究では3軸加速度センサとマイクロコンピュータ(Arduino UNO)のAD変換を利用して、RTを高精度に計測するシステムを開発した。モニタに接触することにより生じる振動を検出する加速度センサを用いて算出されたRT(vb-RT)を、マウスのボタン押し(pr-RT)またはシステム時間(sy-RT)から算出したRTと比較検討した。その結果、vb-RTは他の2つのRTの算出方法よりもモニタ接触に対する感度がよく、より正確に反応時間を測定できることが示された。これらの結果をもとに、心理学実験における本システムの応用可能性について議論した。

キーワード：反応時間、タッチパネルモニタ、高精度の測定、加速度センサ、Arduino UNO

## 1. タッチパネル式モニタによる 反応時間計測の試み<sup>1)</sup>

タッチパネル式モニタは、スマートフォンやタブレット型コンピュータなど多くの電子機器に使用されており、その操作性の高さから私たちの生活にも広く浸透している。心理学実験の行動測度の計測においても、画面解像度が1920×1080ピクセル程度の製品であれば十分に活用できる。実験におけるタッチパネル式モニタ導入の利点は、画面上に提示される視覚刺激に直接接触れることにより反応を取得する点である。例えば、視覚的ターゲットへのポインティング動作を伴う課題において反応時間や運動時間、接触位置の情報を取得するなど<sup>[1]</sup>、視覚—運動協応を対象とする実験において有益である。また手指の接触を反応イベントとして取得できることから、課題における反応動作方法が直感的であり、またコンピュータマウスやジョイスティックのような入力デバイスよりも操作に慣れる時間を短縮できる。このようにタッチパネル式モニタは反応

イベントの取得に柔軟性をもたせ、研究目的に応じた多様な実験装置の設定を容易にする。

しかしタッチパネルによる反応時間の計測には、時間計測の点で遅延が発生する問題が懸念される。手指のパネル接触時の角度や面積、室内の温湿度などによる皮膚の状態によって、接触タイミングの検出に差異が生じる可能性がある。これらの要因が時間計測の精度を低下させることを想定しなければならない。タッチパネルの接触時の応答速度は5msから20msまで製品の仕様によっても異なっているため、実験課題の内容に応じた適用が必要である。例えば、反応に数秒間を要する課題(例、嗜好性の判断など)では、先述の応答速度はそれほど問題にならないかもしれない。一方、ミリ秒単位のオーダーが要求される分析では、応答速度の遅延が測定値の信頼性を減じてしまうこともある。特に生体反応(事象関連脳電位、視線計測など)のような数10ミリ秒単位の時系列変動との対応を分析する場合は、できるだけ正確な時間を計測したいところである。

\* 1) 愛知学院大学心理学部心理学科

\* 2) 東京都立大学人文科学研究科心理学教室

(連絡先) 〒470-0195 愛知県日進市岩崎町阿良池12 e-mail: mitsu-da@dpc.agu.ac.jp

そこで本研究では手指を直接使用できるというタッチパネルの利点を活かし、高精度な反応時間計測システムの開発を試みた。さらに今回、特殊な装置は使用せず、可能な限り安価で導入しやすい部品を活用することを基本方針とし、少ない研究費でも導入しやすい測定システムの開発を目指した。以上の要件を満たすため、フォトセンサ、加速度センサおよびマイコンボードのアナログ-デジタル (AD) 変換機能を活用した反応時間の計測システム構築を模索した。

## 2. 計測システムの構成とテスト課題

本研究にて作成した計測システムの概要を図1に示す<sup>2)</sup>。タッチパネル式モニタにはタッチパネル・システムズ製の ET2440L-8CWA-0-NPB-G) を用いた (超音波表面弾性波方式, 応答速度: 20ms)。TTL (Transistor-Transistor Logic, TTL) 信号出力および AD 変換として Arduino UNO (以下, Arduino) を使用した。当該モデルは 6 チャンネルのアナログ入力と, 14 チャンネルのデジタル入出力を有している。また 0 ~ 5V 範囲を 10bit の分解能 (0 ~ 1023) およびサンプリング周波数最大 10kHz で AD 変換する仕様となっており, 反応時間の計測には十分な仕様である<sup>2)</sup>。

テスト課題として Processing 4.0<sup>3)</sup> により作成したコンピュータプログラムによって単純反応時間課題を設定した。このプログラムにより, 視覚刺激の呈示, フォトセンサ<sup>3)</sup>接触部の輝度変更, TTL 出力の制御<sup>4)</sup> および反応時間<sup>5)</sup> の計測を行なった (詳細は後述する)。Arduino の制御はシリアル通信を介して行い, 視覚刺激のオンセットおよびマウスのプレスイベントに対する TTL 信号を出力した。またフォトセンサは画面の輝度変化により閾値を超えると TTL 信号を出力するよう設定されていた。これらの TTL 信号は, 記録用 Arduino のデジタル入力端子に接続された。

モニタ上の手指接触によって発生する振動を検出するため, 3 軸加速度センサ (KXR94-2050) を用いた<sup>6)</sup>。各軸からの信号をケーブルより導出し, グルーガンを用いてブレッドボードに装着した。さらにブレッドボードは水平方向を x 軸, 上下方向を y 軸, 前後方向を z 軸となるよう粘着ラバー (Blu-Tack) によりモニタの裏面に固定された。各センサからの信号は, 記録用 Arduino のアナログ入力端子に接続された。記録用 Arduino からの波形データはデジタル変換され, シリアル通信を介して収録用のコンピュータ (HP 製 EliteDesk, OS :Ubuntu 20.0) に転送された<sup>7)</sup>。このときシリアル通信の転送速度を 115200 bps に設定し, サン

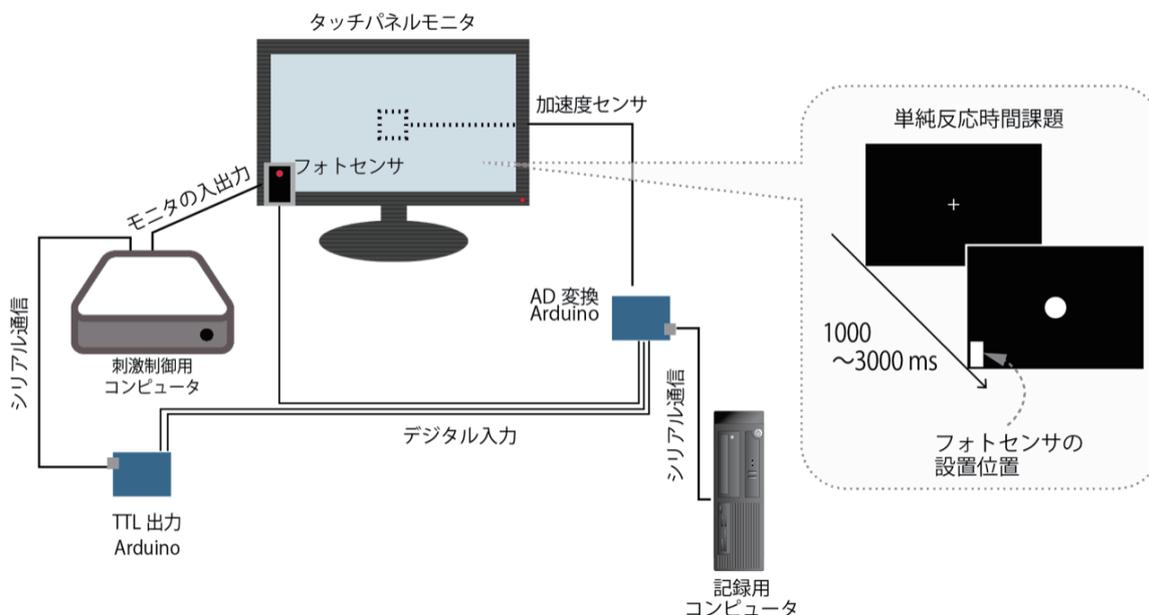


図1 反応時間取得のための計測システムの構成。刺激制御用と記録用のコンピュータ 2 台と, TTL 出力用および AD 変換用の 2 台のマイコンボードから構成されている。タッチパネル式モニタの裏面に加速度センサ (KXR94-2050)、モニタ前面にフォトセンサをそれぞれ固定した。輝度変化を検出するため、フォトセンサは刺激と同期させた長方形の呈示位置と一致するよう固定している。

プリング周波数200Hz（時定数5ms）にて波形データを収録した<sup>[8][9]</sup>。一般的なマウスのポーリングレートは125Hz（8ms）であることから<sup>[10]</sup>，反応時間取得において十分なサンプリング周波数であると判断した。

反応時間の精度を検証するためのテスト課題として，単純反応時間課題を設定した。刺激呈示用コンピュータ（Apple 製 Mac mini MGNR3J/A）により，刺激呈示とシステムタイムによる反応時間の記録も行った。視覚刺激は直径視角3°の白色円刺激（R:G:B=255:255:255）を用い，1000～3000msの範囲でランダムな間隔で提示した。画面の背景は黒色（R:G:B=0:0:0）であった。また画面左下，フォトセンサとモニタの接触位置に円刺激と同期させた白色の長方形を呈示することにより輝度変化を発生させ，刺激描画との同期信号をフォトセンサより取得した。実験参加者は円の出現に応じてできるだけ早くタッチパネル上をタップする（タップ条件），またはマウスボタンを押す（マウス条件）ことを求められた。タップ条件では手指の動きのストロークをできるだけ小さくするため，前腕の位置を固定し指尖をモニタより5mm以下の距離を保つように努めた。一方マウス条件ではカーソルの移動は求めず，マウスの左ボタンを押すのみであった。本研究は反応の個体差の影響を排除するため<sup>[11]</sup>，実験参加者を1名に限定した。1セッションを50回に設定し，各条件において6～7セッションを実施した。測定時の室温は22.0°C，湿度は45%

RHであった。

なお本研究は東京都立大学研究倫理審査委員会の承認を受けて実施した（承認番号：H3-6）。

### 3. 検出方法の違いによる反応時間の比較

#### 1) AD変換によるイベントの検出

タップ条件（図2左）の波形として，3軸加速度センサ（x, y, z），フォトセンサ，刺激呈示およびモニタ接触（マウスボタンのプレスイベントと同じ）後の同期信号を示した。なお加速度センサからの振幅値は，振動のタイミングのみ検出のため，電圧から加速度への校正をせず，ビッドデータをそのまま用いた。TTL等のデジタル信号（ONは1，OFFは0）は振動データとの比較がしやすくなるよう拡大（25倍）して作図している。なおマウス条件（図2右）の波形（加速度センサ以外）はタップ条件と同じである。

刺激の同期信号（TTL信号）とフォトセンサの輝度変化のタイミングを比較すると，刺激同期TTL信号は輝度変化のTTL信号よりも50msほど出力が早くなっている。フォトセンサの輝度変化検出は視覚刺激の描画と同期していることから，実際の描画は，刺激同期信号のオンセットよりも遅延していると判断できる。従って，フォトセンサの輝度変化によるTTL信号が最も正確な刺激同期信号として位置づけ各条件の反応時間の分析を実施した。

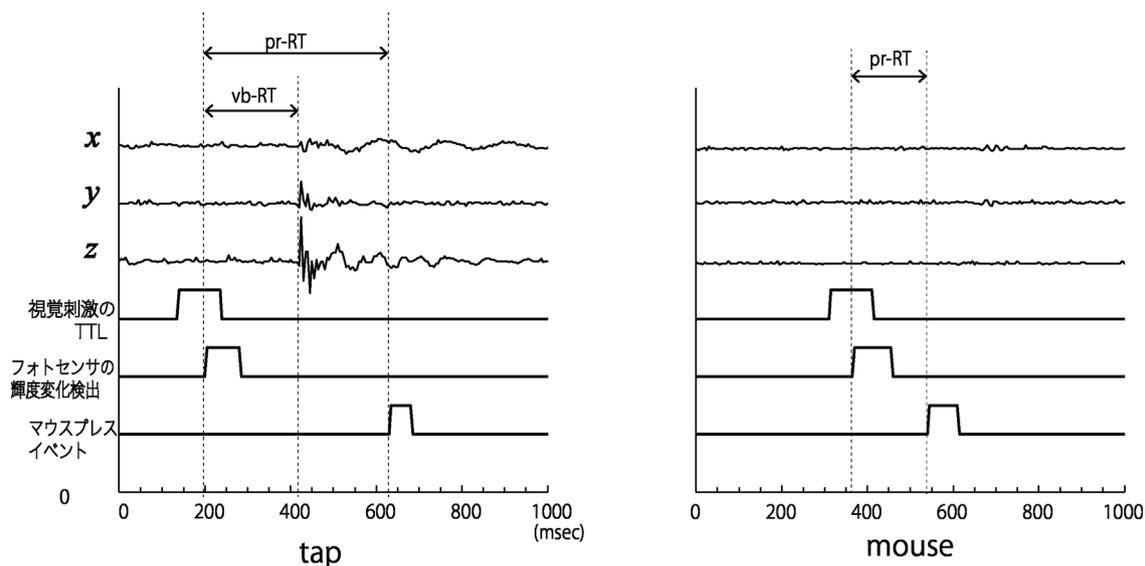


図2 タップ条件（左図）およびマウス条件（右図）の波形を示す。タップ条件ではフォトセンサのオンセットを規準に，タップにより発生した振動発生までの時間（vb-RT）とタップ後に発生したマウスプレスイベントの同期信号開始までの時間（pr-RT）を抽出した。またマウス条件においては pr-RT のみを抽出した。

タップ条件において振動発生時とマウスプレスの同期信号を比較すると、z軸の振動の方が早く反応していることがわかる。それに対してマウスプレスの出現は、刺激オンセットから400ms、振動開始時点から200msの遅延が生じている。刺激オンセットと振動との時間差が最も短いことから、この時間差がタップ条件における正確な反応時間を反映していると判断した。

一方、マウス条件ではプレスイベントの出現と刺激オンセットとの時間差が200msでありタップ条件に比べ遅延が少ない。この値はタップ条件の刺激オンセットと振動発生との時間差と同程度であった。従って、この時間差をマウス条件における正確な反応時間と判断した。

以上の波形に対して、1試行ごとの刺激オンセット、加速度センサによる振動(vibration)発生、マウスボタンのプレスイベント(press)出現の時間を抽出し、振動までの時間差(vb-RT)とプレスイベント出現までの時間差(pr-RT)を算出した。また各試行のシステムタイム(system time)により記録された反応時間(sy-RT)との照合も行った。以上の工程はpythonを用いて自動検出した。このとき振動発生が明確に確認できない試行、vb-RTまたはpr-RTが100ms未満の試行、各条件の平均値から3標準偏差を超える試行は分析から除外した。

## 2) 入力デバイスおよび時間取得方法による反応時間の違い

抽出した各試行の反応時間について、条件および取得方法別に平均値および標準偏差を求めた(図3)。

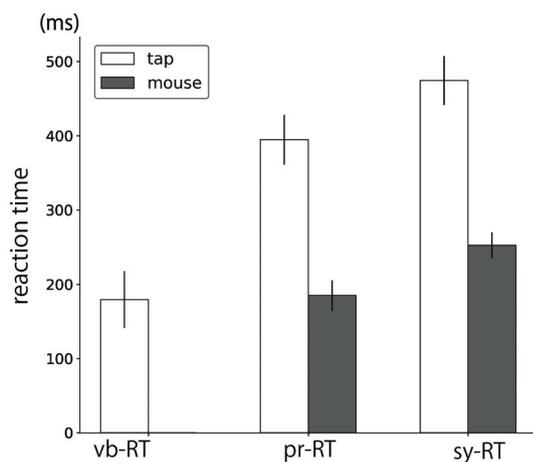


図3 検出方法による平均反応時間の比較。

タップ条件において vb-RT は  $179.5 \pm 38.5$ ms と最も短いことがわかる。それに比べて pr-RT は  $394.5 \pm 33.6$ ms と 200ms ほど遅延している。また sy-RT は  $474.4 \pm 33.0$ ms であり vb-RT より 300ms ほどの遅延が生じている。タップ条件の vb-RT に対する各 RT との遅延の程度を比較するため相関係数を求めたところ(図4)、pr-RT ( $r=0.58$ ) と sy-RT ( $r=0.54$ ) に対して中程度の相関が認められたが、決定係数は共に 0.5 に満たなかった ( $r^2=0.34$ ,  $r^2=0.33$ )。この結果は振動の検出に対して pr-RT と sy-RT はある程度連動するものの、遅延の程度は試行毎に異なり一定ではないことを示している。

一方、マウス条件の pr-RT は  $181.5 \pm 16.9$ ms であり vb-RT と同程度であった。この時の sy-RT は  $252.5 \pm 17.0$ ms であり pr-RT より 70ms ほどの遅延が生じているが、タップ条件の sy-RT より短い。また両条件の pr-RT と sy-RT の時間差を算出したところタップ条件では  $79.9 \pm 6.4$ ms、マウス条件では  $71.0 \pm 2.6$ ms となっていた。電子回路やドライバーソフトウェアに起因するクリック検出の遅延は 35ms 程度であるとされているが<sup>[10]</sup>、それに比べて本システムでは 2 倍程度の遅延が発生していた。

さらに各条件における pr-RT に対する sy-RT の分布を示したところ(図5)、タップ条件 ( $r=0.98$ ) とマウス条件 ( $r=0.94$ ) と高い相関を示していた。またタップ条件 ( $r^2=0.96$ ) とマウス条件 ( $r^2=0.89$ ) とも決定係数も高いことから、pr-RT に連動して sy-RT が

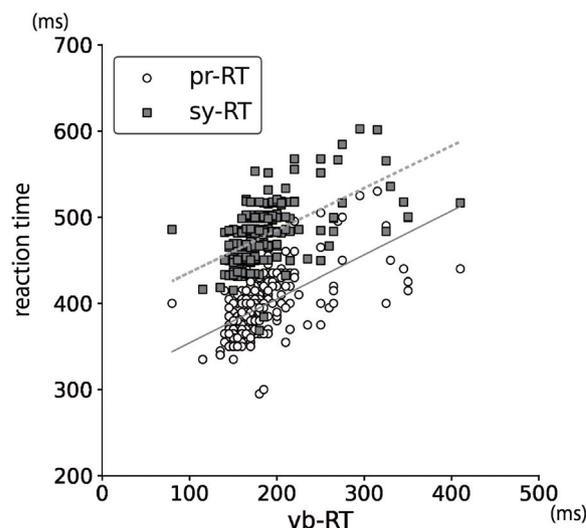


図4 振動の反応時間(vb-RT)に対するマウスプレス(pr-RT)およびシステムタイム(sy-RT)による反応時間の分布。

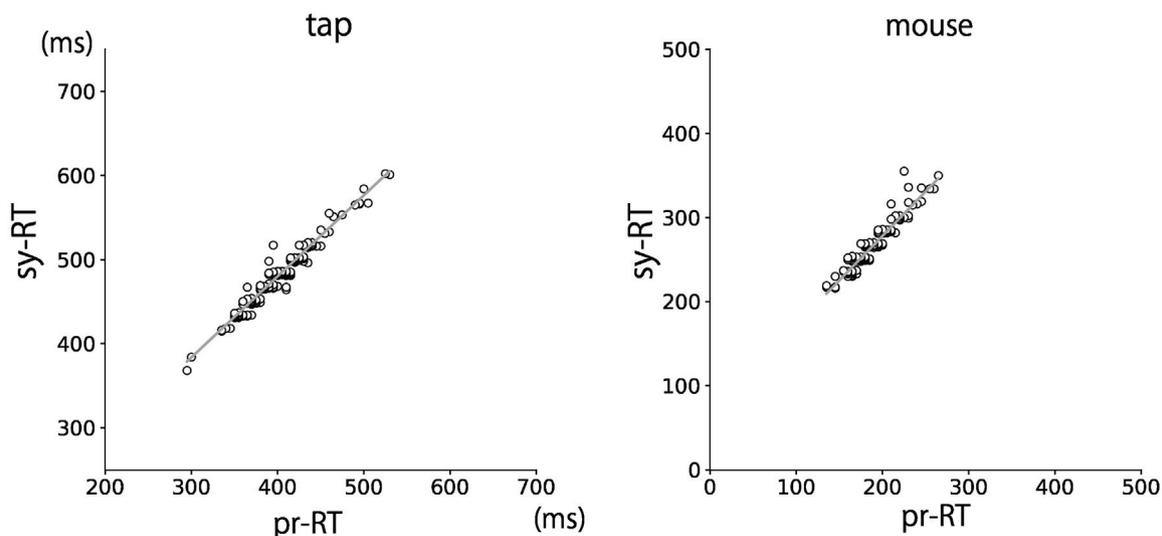


図5 タップ条件（左）とマウス条件（右）におけるマウスプレスイベントの RT (pr-RT) とシステムタイムの RT (sy-RT) の相関。

変化していることがわかる。入力デバイスの違いによる計測値の差は10ms以下であった。これらの結果から、マウスのプレスイベントの検出とシステムタイムによる時間取得の時間差はほぼ一定であり、入力デバイスの違いによる影響は小さいと考えられる。

以上の結果から、振動検出による反応時間に対して、マウスプレスイベント発生やシステムタイムによる反応時間との時間差にばらつきが生じることが確認された。これはモニタが指尖の接触をマウスとして認識するため、接触の角度や面積、時間、室内の温湿度環境等、実験統制が困難な変数が影響していることが考えられる。またタッチパネルモニタは専用のドライバソフトウェアを介して記録するため、ソフトウェアの挙動によっては、時間計測に遅延が生じる可能性もある。タッチパネルを介した反応時間の測定は、反応イベント検出に遅延をもたらすことに注意すべきである。

#### 4. 加速度センサによる反応時間計測の利点

本研究にて開発を試みた計測システムにおいて、タッチパネルモニタの利点を活かしつつ高精度な反応時間の計測が可能となることが示された。運動反応によって生じる物理的変化（本研究では振動）を加速度センサにより捉えることができれば、データ取得時間の精度低下を回避できる。加速度センサによる RT は、マウスボタンの RT とほぼ同程度の測定値を示していたことから、振動発生を手がかりとした反応時間は

十分な精度であると判断できる。例えば、従来から反応感度のよいとされているゲーミングキーボードの製品比較において、単純反応時間により応答速度が評価されているが、その範囲は約180~220msで分布することが報告されている<sup>[12]</sup>。この結果は本研究における vb-RT とマウス条件の pr-RT とほぼ同程度であることから、振動による反応時間取得は測定上の遅延の影響をあまり受けず、十分な精度をもっていると判断できる。

また加速度センサ導入の利点として、オペレーションシステム (OS) の割り込み処理に伴う遅延を回避できる点が挙げられる。現在の代表的な OS (Windows, MacOS, Linux など) はマルチタスクであるため、プログラムのみで画像や音声の呈示を完全に制御することは困難である。例えば立体視させるような視覚刺激の呈示では、描画速度を高めるために高性能な CPU とビデオカードを必要とする。描画する刺激の内容によっては反応時間の計測に影響を及ぼし、処理時間が遅延する可能性もある。本研究が示したように、OS の挙動から独立した計測として、フォトセンサによる輝度変化の抽出と<sup>[13]</sup>、加速度センサによる振動検出を利用した反応時間の計測は信頼性が高いといえる。

しかしながら、タッチパネル式モニタの応答特性は今後の技術開発によって改善される可能性がある。現在でも応答速度を 1ms とする技術は現存しており<sup>[14]</sup>、このようなデバイスは高い精度での時間取得を容易に

するものとして期待できる。但し、OS からの割り込み処理の影響を受けること、接触時の指尖の面積や角度の違いにより遅延が発生する点は、従来のモニタとの違いはないと考えられる。このような現状を鑑みても、本計測システムの時間取得におけるメリットは今後の反応時間の計測においても十分に活かされるであろう。

加速度センサの利用はそれ自体が小型であるため、測定時の姿勢や設置場所を制限しない。例えばキー入力の場合、キーやマウスは基盤も含めその筐体はある程度の大きさが必要となる。また筐体を配置するための安定的な作業スペースの確保も必要となる。そのため立位姿勢で計測するような場合、姿勢に干渉せずに反応キーを設置することが困難である。そのような場合、今回提案の加速度センサを用いることによって、手指の僅かな動きから運動反応イベントを検出し、反応として取得することが可能となる。また必要に応じて、机や壁、道具のグリップやペダルなどにセンサを組み込むことができれば、電子回路を持たない物体に反応取得の機能を与えられ、それらをスイッチとして利用できる。

さらに、加速度センサによる運動反応の検出は、接触時の力 (N) を分析対象とすることも注目すべき点である。今回、本研究ではそれを分析対象とはしなかったが、モニタ接触時に生じる加速度の振幅データを分析することにより、手指運動の加速度 ( $m/s^2$ ) や力 (N) を推定することもできる。選択反応や弁別反応など反応様式によって運動反応時の力やピーク潜時に影響することが報告されており<sup>[13]</sup>、力の発揮に関わる力学的なパラメータは知覚や認知機能、運動準備を反映することが論じられている。すなわち、加速度センサによる運動反応の計測は、私たちの心的活動を反映する情報処理の時間的側面の理解に加え、力発揮に関する新たな指標として機能的特徴の理解をもたらすことが期待される。

## 5. 行動指標計測における Arduino の活用

本稿の最後に、本研究で開発した計測システムに関連したその他の活用方法を提案する。本研究で用いた AD 変換機能は、心理学実験における行動反応の計測において新しい選択肢を提供するであろう。AD 変換は脳波などの生体信号記録において古くから利用されているが、このような測定では生体アンプなどの特殊な装置が必要である。それに対して、専用のアンプを

必要としないマイコンの利用は計測の汎用性を高めることが期待できる。

従来、主観的評価を数値化する際、リッカート尺度や VAS (visual analog scale) のような主観的な評価尺度に依存してきたが、圧センサやロードセル<sup>4)</sup>のようなセンサを主観評価に替わる新たな行動指標として活用できる。例えば、感性評価や情動評価においてロードセルを用いることにより、感覚量を力と時間で表す運動量に置き換えることも可能となる。特に、痛みなどの個人によって多様な言語表現になりやすい場面において、その強さを力と時間からなる 2 次元的な評価に置き換えてみてもよい。このように目的に応じて適切なセンサを選定し、研究に導入するなど、活用次第では、行動指標として新たな評価方法の開発に繋がられるかもしれない。

そして本研究で紹介した計測システムは、特殊な装置を利用しておらず、安価に実現できる点もメリットがある。正確に反応時間を計測するために、例えば、筋電計やハイスピードカメラを用いることがある。しかしこれらの装置の導入には高額な費用 (数百万円以上?) が掛かることが多く、それなりのコストを要するため、導入が困難な研究室もあるだろう。それに対して、今回使用した部品は、電子回路に関連する商品を扱う店舗やインターネット通販を通して安価に入手できる。またその使用方法に関する情報も書籍やインターネット上で広く公開されている。本研究でもこれらの情報を大いに活用し、その制作費を ¥15,000 程度に抑えた。このように少ない研究資金でも精度を維持した行動・生体情報計測が実現できることを示した。このような既存の装置・製品の使用にとらわれないアプローチは、実験心理学分野のみならずヒトを対象とする他の分野においても有益であり、研究目的に応じた低コスト・高精度の測定技法を提供することが期待される。

## 6. まとめ

タッチパネルを介した手指による反応時間の計測は、仕様の都合のため遅延が発生しやすいことが問題点として挙げられた。そこで本研究はタッチパネルモニタによる反応時間計測において、加速度センサと Arduino UNO の AD 変換機能を活用し、より正確な時間計測を可能にする技術開発を試みた。単純反応時間課題を用いてマウス入力による反応時間と比較したところ、加速度センサによる振動から抽出した反応時間

はマウス入力と遜色なく、十分な精度を維持できることが示された。本研究で開発した計測技術は低コストで導入することができ、行動計測に関わる研究においても高い汎用性があることを提示した。

### 利益相反

本論文に関して、開示すべき利益相反関連事項はない。

### 注

- 1) 本研究は愛知学院大学における2021年度国内研修期間に計画および作成し、本学にてデータを再計測したものである。研修期間中、客員教授として受け入れていただきました東京都立大学にこころより御礼申し上げます。
- 2) 本研究では DKH 製のマルチパス画像刺激システムに付属するフォトセンサを活用した。当該製品は輝度変化を検出し5VのTTLを出力する。
- 3) 本研究で作成した計測システムに関するソースコードは石田研究室ウェブサイト (<https://www.agu.ac.jp/~mitsu-da/>) にて公開する。
- 4) ロードセルは、力(質量, トルク)を検出するセンサーである。力を起歪体に加えるとそれ自体にひずみが生じ、起歪体に貼り付けてあるひずみゲージの抵抗値が変化する。これを利用して力を電氣的出力に変換する。

### 引用文献

- [1] Ishihara, M., & Imanaka, K. (2007) Motor preparation of manual aiming at a visual target manipulated in size, luminance contrast, and location. *Perception*, 36, 1375-1390.
- [2] 神崎康宏 (2012) Arduino で計る, 測る, 量る: 測定したデータを LCD に表示, SD カードに記録, 無線/インターネットに送る方法を解説. CQ 出版.
- [3] 田所 淳 (2017) Processing クリエイティブ・コーディ

- ング入門——コードが生み出す創造表現. 技術評論社.
- [4] 牧野浩二 (2015) たのしくできる Arduino 電子制御. 東京電機大学出版局.
  - [5] 津田裕之 (2019) 反応時間の取得 htsuda.net Retrieved March 31, 2022 from <https://htsuda.net/archives/1205>
  - [6] 岡本武史 (2017) 3軸加速度センサー (KXR94-2050) の使い方 [Arduino] プチモンテ Retrieved March 31, 2022 from [https://www.petitmonte.com/robot/howto\\_kxr94\\_2050.html](https://www.petitmonte.com/robot/howto_kxr94_2050.html)
  - [7] なかしー (2021) Arduino で時間計測や割り込みを行う方法 エンため - エンジニアによるエンジニアのためのブログ Retrieved March 31, 2022 from <https://miraiworks.org/?p=6223>
  - [8] 福田和宏 (2019) 電子部品ごとの制御を学べる! Raspberry Pi 電子工作 実践講座 改訂第2版 ソーテック社
  - [9] ミソジ (2020) ラズベリーパイと Arduino を連携! アナログ入力を応用してみた エンジニアの電気屋さん Retrieved March 31, 2022 from <https://misoji-engineer.com/archives/raspberrypi-arduino.html>
  - [10] 菅野禎盛 (2015) 高い精度での視覚刺激の呈示と反応データ取得のために必要なハードウェアとソフトウェア 九州産業大学経営学論集 25, 63-71.
  - [11] 井関龍太 (2020) 心理学者は反応時間をどう分析するか 基礎心理学研究 38, 243-249.
  - [12] FPS 酒場 (2020) 全ゲーミングキーボードの応答速度 (反応速度) 比較 Retrieved March 31, 2022 from <https://vanillaice-fps.com/knowledge/gaming-keyboard-response-speed/>
  - [13] 綾部早穂, 井関龍太, 熊田孝恒 (編) 2019 心理学, 認知・行動科学のための反応時間ハンドブック 勁草書房
  - [14] Applied Sciences Group (2012) High Performance Touch. Retrieved January 9, 2023 from <https://www.youtube.com/watch?v=vOvQCPLkPt4&t=4s>
  - [15] Ulrich, R., Mattes, S., & Miller, J. (1999) Donders's assumption of pure insertion: an evaluation on the basis of response dynamics. *Acta Psychologica*, 102, 43-76.

(最終版2023年1月9日受理)

## Development of a System for Measuring Reaction Time with a Touch Panel Monitor Using an Accelerometer and Arduino UNO

Mitsuo ISHIDA, Masami ISHIHARA and Sohei SATO

One advantage of using a touch panel monitor in psychological experiments is its ability to directly record touch motions. However, reaction times (RTs) measured on the device may be less accurate than when using a computer mouse or keyboard. The accuracy of RT measurements could be affected by factors such as the angle of the fingertip, the area touched, or the duration of the touch. Therefore, this study developed a system to measure RTs with high accuracy using a three-axis accelerometer and an analog-digital converter with a microcomputer (Arduino UNO). RTs calculated using the accelerometer (vb-RT), which could detect vibrations caused by touching the monitor, were compared to those obtained with a mouse button press (pr-RT) or using system time (sy-RT). The results showed that vb-RT was more sensitive to touching the monitor and could measure the timing more accurately than the other two methods of collecting RTs. The study also discussed the applicability of this system to psychological experiments.

Key words: reaction time, touch panel monitor, highly accurate measurement, accelerometer, Arduino UNO