

# iPadの謎を解き明かす

## 抄 録

本研究の目的は、iPad専用のタッチペンを作ることである。まず、文献でiPadと専用のタッチペンについて調査した。iPadには静電容量方式と呼ばれるタッチパネルが搭載されており、導電性のある物質に反応することが分かった。次に各物質の抵抗値を測定し、タッチペンとして適している物質を考察した。結果、ペン軸には真鍮製の鉛筆補助軸が、ペン先にはティッシュをアルミホイルで巻いたものが、タッチペンとして最も好条件であると考えられる。

キーワード：iPad, 静電容量, タッチパネル, タッチペン

## 1. はじめに

### 1.1 研究動機

現在の附中では、iPadを使った先進的な授業が行われている。その影響で私はiPadに関心を持ち、身近な材料でタッチペンを作ってみたいと考えた。

### 1.2 研究目的

一番の目的は、iPad専用のタッチペン（以下「タッチペン」と略す）を作ることである。

## 2. 研究の手順とその概要

### 2.1 文献調査とそのまとめ

#### ①タッチパネルについて

「タッチパネル」とは、座標を感知する透明なパネルをディスプレイの上にかぶせ、ペンや指で押して入力を指示するものである。その中でも特にiPadに使用されているタッチパネルの仕組みについて調査し、その概要をまとめた。

#### ②タッチペンの種類

現在販売されている主なタッチペン4種の特徴や価格帯を調べ、画像と共にまとめた。

### 2.2 実験

#### ①各物質の抵抗値の測定とiPadにおける反応

実験の結果から、ペン先に適した材質の共通点を導き出す。

#### ②ペン軸を変えると反応に差は出るのか

実験の結果から、ペン軸に適した材質の共通点を導き出す。

### 2.3 タッチペンの製作と性能の比較

文献調査と実験で得られた結果をもとに、タッチペンを製作及び提案する。タッチペンは複数製作し、アプリを用いてその性能を比較する。その後、タッチペンとして最も優れ

ていたものを選定し、本研究のゴールとする。

### 3. 研究内容

#### 3.1 文献調査

##### ①iPadのタッチパネルについて

タッチパネルには静電容量方式と感圧方式があり、iPadには、静電容量方式と呼ばれるタッチパネルが搭載されている。

iPadの表面には、常に弱い電子が発生している。パネルに指を近づけると、指は電気を通すので、表面の電子が指に移動する。すると表面の電子の

数が変化する。その変化をセンサーが感知して、指の位置を読み取っている。(図1)

この方式を使ったタッチパネルは、ある程度面積のあるもので触れないと正しく感知しない。そのため、スマートフォン用のペンは、一般的なボールペン等と比べて先がかなり太くなっている。

##### ②タッチペンの種類

全て不導体に導体を混ぜたものをペン先に使用している。

価格帯は複数のサイトを参照

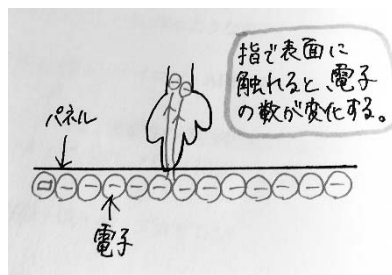


図1 静電容量方式

表1 各種タッチペンの比較

種類	特徴	材質	価格帯
 導電性ゴム	反応に筆圧を要し、耐久性も他より劣るが、低コストで実現	ペン先及びグリップ部分…導電性シリコンゴム, 銅 ペン軸…ABS樹脂	15円～ 2550円
 導電性繊維	材料の特性上、サラサラとした手触りで滑るような書き心地	ペン先…アルミニウム, ナイロン, 銅, 鉄 ペン軸…ABS樹脂	108円～ 16852円
 ディスク	タッチパネルに安定して接するため、認識されやすい	ペン先…鉄, ポリプロピレン ペン軸…ABS樹脂	108円～ 15595円
 導電性樹脂	内蔵のバッテリーで静電気を発生させており、細いペン先を実現	不明 (企業が公開していない)	1780円～ 36410円

### 3.2 実験-1

#### ①目的

各物質の抵抗値を測定し、iPadにおける反応を見ることで、iPadに反応しやすい物質の共通点を導き出す。

#### ②準備物

iPad, デジタルマルチメーター (図2)

導体…硬貨各種, シャーペンの芯 (0.9mm), 水道水, 手

iPadに反応するもの…スマホ用手袋, キュウリ, トマト, タッチペン各種

#### ③方法

a: 用意したものの抵抗値を, デジタルマルチメーターで測定する。

b: 用意したものを順に素手で持ちながらiPadに触れさせ、反応を見る。

(キュウリとトマトは表面の抵抗値を測定。)

#### ④結果



図2

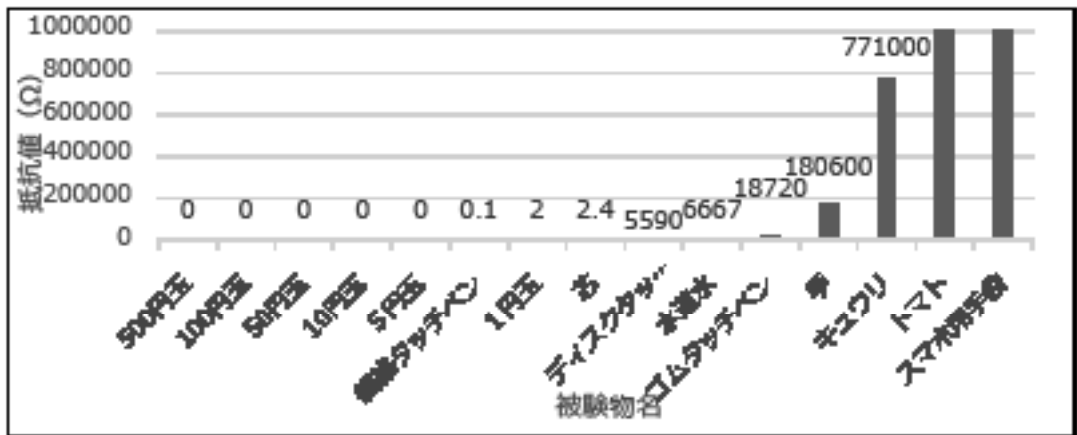


図3 抵抗値測定の結果

表2 iPadにおける反応

被験物	iPadの反応
500円玉	△
100円玉	△
50円玉	△
10円玉	△
5円玉	△
繊維タッチペン	○
1円玉	△
芯	○
ディスクタッチペン	○



図4 反応する

○…反応する



図5 反応しない

△…反応する時としない時がある

### ⑤考察

500円玉や50円玉などの硬貨は、抵抗値は $0\ \Omega$ であるが、安定した反応は見られない。一方で、キュウリやトマトは抵抗値が $10\text{万}\ \Omega$ を超えているが、反応しない時は無かった。このことから、柔らかい物質は硬い物質に比べて反応しやすいと考えられる。前者は後者に比べて自由に形を変えることができ、パネルに接触しやすいからだと考えられる。

## 3.3 実験-2

### ①目的

ペン軸を変えると反応に変化は出るのかを調べ、製作時の参考にする。

### ②準備物

ゴムタッチペン、金属の棒、割りばし、ボールペンの軸、iPad

### ③方法

- 市販のゴムタッチペンを分解する。
- 取り出したペン先の素材を、軸となるものに取り付ける。
- iPadをロック画面に設定し、パスコード入力時の反応をみる。

### ③結果



図6  
軸…金属  
ペン先の抵抗… $0.7\ \Omega$   
反応している



図7  
軸…プラスチック  
ペン先の抵抗… $2\text{億}\ \Omega$ 以上  
反応していない



図8  
軸…木  
ペン先の抵抗… $2\text{億}\ \Omega$ 以上  
反応していない

### ④考察

結果から、ペン軸は導体でないとiPadに反応しないことが分かる。それは、ペン先の導電性ゴムの抵抗が大きすぎるため、抵抗が小さい物質と組み合わせる必要があるからだと考えられる。

## 4. 製作

文献調査と実験で得られた条件は、次の3つである。

- ペン先は柔らかい方が反応しやすい
- 反応させるにはある程度物質の面積が必要
- ペン軸は導体にする必要がある

上の条件を踏まえて5つのタッチペンを考案し、実際に使用してその性能を比較した。

## ①案

### 提案1



アルミホイルをペン軸の半分程度を覆うように巻き、不導体のペン軸でも反応するようにした。

ペン先…アルミホイル (0.0Ω) ペン軸…割りばし (2億Ω以上)

iPadに反応するか…○

利点…短時間で簡単に作れる 欠点…耐久性に問題がある

### 提案2



水道水をビニール袋に入れ、真鍮製の鉛筆補助軸と組み合わせた。

ペン先…水道水 (7000Ω) ペン軸…真鍮製の鉛筆補助軸 (90Ω)

iPadに反応するか…○

利点…柔らかく書き心地なめらか 欠点…製作に時間を要する  
タッチペンらしい外見 水漏れのリスクがある

### 提案3



「提案2」が水漏れしたため、新たなペン先としてアルミホイルを使用した。

ペン先…アルミホイル (0.0Ω) ペン軸…真鍮製の鉛筆補助軸 (90Ω)

iPadに反応するか…△

利点…短時間で作れる 欠点…反応するのに強力な筆圧を要する

### 提案4



「提案3」で、ペン先が硬く、反応が鈍くなったので、アルミホイルにティッシュを加え、柔軟にしたものを提案4とした。

ペン先…アルミホイル (0.0Ω) とティッシュ (2億Ω以上)

ペン軸…真鍮製の鉛筆補助軸 (90Ω)

iPadに反応するか…○

利点…短時間で作れ、柔らかい 欠点…ペン先が太い

### 提案5



市販のプチトマトを、そのままタッチペンとして使用する。

ペン先・ペン軸…プチトマト (800000Ω)

iPadに反応するか…○

利点…製作の手間が省ける 欠点…衛生上に問題がある  
空腹時の食料になる ペン先が太い

図9

## ②比較の方法

「ひらがなをなぞる」というアプリで、「あ」の文字をなぞる。なぞるスピードは、メトロノームの音に合わせる。メトロノームの速さは♩=120で、誤差を抑えるために10回行う。結果の画像は透明度を30%に加工し、10回分の画像を合成して、はみ出している所や、かすれているところを比較する。

### ③結果

表3 タッチペンの比較

タッチペン	正確性 (J=120)	タッチペン	正確性 (J=120)	タッチペン	正確性 (J=120)
提案1	あ	提案4	あ	繊維	あ
提案2	あ	提案5	あ	ゴム	あ
提案3	あ			ディスク	あ

自作のものでは提案4，市販のものではディスクとゴムが最も正確であった。

#### ④考察

自作のものが市販のものより精度が低い理由として，提案1，提案3ではペン先が硬いことが，提案2ではペン先が不安定なことが，提案5ではペン先が太いことが考えられる。

## 4. 結 論

iPadには静電容量方式のタッチパネルが搭載されており，電気を通すもの，即ち導体に反応する。

タッチペンのペン先に適しているのは，導体で，柔らかい物質である。ペン軸に適しているのは，抵抗が小さい導体である。この両条件を満たすのが，提案4である。アルミホイール，ティッシュと鉛筆補助軸でタッチペンを作ることが可能である。

つまり，誰もがオリジナルのタッチペンを手にすることができるのだ。

## 5. 参考文献

- 井上伸雄（2012）『＜図解＞スマートフォンのしくみ』PHP研究所。  
 小笠原種高（2016）『図解入門 よくわかる最新スマートフォンの技術の基本と仕組み』秀和システム。  
 越石健司・黒沢理（2011）『タッチパネルがわかる本』オーム社。  
 柏尾南壮（2010）『iPhoneのすごい中身』日本実業出版社。  
 谷腰欣司・ほか編（2005）『トコトンやさしい電気の本』日刊工業新聞社。  
 竹内薫・ほか編（2013）『小学生のうちを知っておきたい なるほどナットク！科学のギモン』学研教育出版。  
 < <http://trendy.nikkeibp.co.jp/article/pickup/20150406/1063546/?p=2&rt= nocnt> >  
 （2017年6月20日）