

自然な動作でタップレスな電話操作を実現！ —スグ電機能の開発—

ドコモは、画面上の操作なく、ユーザの自然な動作だけで電話操作ができる「スグ電」機能を開発した。本稿では、Android™*1搭載のスマートフォンで一般的に具備されているセンサのみを利用してユーザの動作を判断するスグ電の仕組み、また、スマートフォンの特性（ハードウェア形状やセンサ搭載位置）、センサ種別によってセンサ出力値に差分がある場合でも、機種によらず同様の操作性を実現する方法などについて解説する。

移動機開発部	いしばし きいち 石橋 毅一	おち しげる 越智 繁
プロダクト部	かわむら さとる 川村 哲	やまざき しゅんさく 山崎 俊作

1. まえがき

近年のスマートフォンの普及に伴い、画面をタップして操作する事が日常化した一方で、状況によっては操作しづらい、あるいは操作できないといったケースが存在する。とりわけ音声着信をすぐにとりたいユーザにとって、鞆を持っていて片方の手が塞がっているときや、指先が水に濡れているときなどがそれに当たり、画面を操作できないことにユーザは不便を感じている。さらには、電話をかける際、スマートフォンはフィーチャーフォンと比べて、発信するまでのタップ数が多いこともその一因になっている。そこでドコモは、タップすることなくユーザの自然な動作だけで電話操作ができる

「スグ電」機能を開発し、独自機能として2016年夏モデル以降のスマートフォンに搭載した。

本稿では、Androidデバイスに一般的に搭載されているセンサのみを利用して、ユーザの操作を判別するスグ電の仕組み、また、スマートフォンの機種によってセンサ出力値に差分がある場合でも、同様の操作性を実現する方法などについて解説する。

2. スグ電概要

スグ電では、以下の電話の基本操作を、画面操作せずにタップレスで操作できる（図1）。

- ①発信：スマートフォンを振って、耳に当てるだけで、電話を掛けることができる。発信先は右耳／左耳でそれぞれ1人ずつ

登録できる。発信する際は、まずスマートフォンを1回振って発信ダイアログ（図2）を表示させる。発信ダイアログには設定済みの発信先が表示されるため、発信したい相手が右耳／左耳のどちらに登録されているか確認し、該当する耳に当てるだけで電話をかけることができる（2016年冬モデルでは、発信履歴から相手を指定し発信する事も可能）。

- ②応答：音声着信中に電話をとるようにスマートフォンを耳に当てるだけで着信応答する。
- ③切断：音声通話中に、スマートフォンを裏向きにして机に伏せる、あるいは2回振る（2016年冬モデルより対応）ことで通話



を終了する。
④応答拒否（消音）：音声着信中

に、スマートフォンを裏向きにして机に伏せる、あるいは2回

振る（2016年冬モデルより対応）ことで応答拒否する。応答

拒否動作については、あらかじめ消音、拒否、拒否してSMSの中から選択できる。

- ⑤着信時名前非表示：会議中に机の上に置いてあった端末に着信があるなど、発信者の名前を周りの人に見られたくない場合がある。このような利用シーンを想定し、音声着信時またはビデオ着信時、電話帳登録名が画面上に非表示で通知される。表示させる場合はスマートフォンを手取るなど動かすことで名前を表示する。

3. スグ電アルゴリズム

スグ電の動作概念図を図3に示す。スグ電アプリは電話アプリとは別のアプリであり、電話アプリより呼状態の通知を受けてモーション*2検出を開始／終了する。スグ電のモーション検出は、近接センサ*3／加速度センサ*4／ジャイロセンサ*5を組み合わせで行っている。センサデータの取得にはAndroid標準API (Application Programming Interface)*6を利用し

ているため、Android自体の改変は必要なく、Android搭載のスマートフォンであればスグ電アプリをほとんどの端末で利用できる。なお、発信、応答、切断、応答拒否などの操作を行う際のモーションは、ユーザーがそれぞれの操作を行う際の自然な動作で実現できるようユーザーの挙動ケースを観察して決定した。さらに端末形状、センサ取付け位置、センサスペックなどが異なる機種間において、それぞれのモーションを画一的に検出できるようモーション検出のしきい値を機種ごとに調整し、それらをパラメータファイルとして具備している。このパラメータファイルは2016年夏以降のモデルで対応している。

次に、各モーションの検出アルゴリズムについて解説する。

3.1 耳に当てるモーション (発信／応答操作)

アルゴリズムの検討過程において、実際のユーザーの動作を確認した。発信操作では、ユーザーが端末を振った

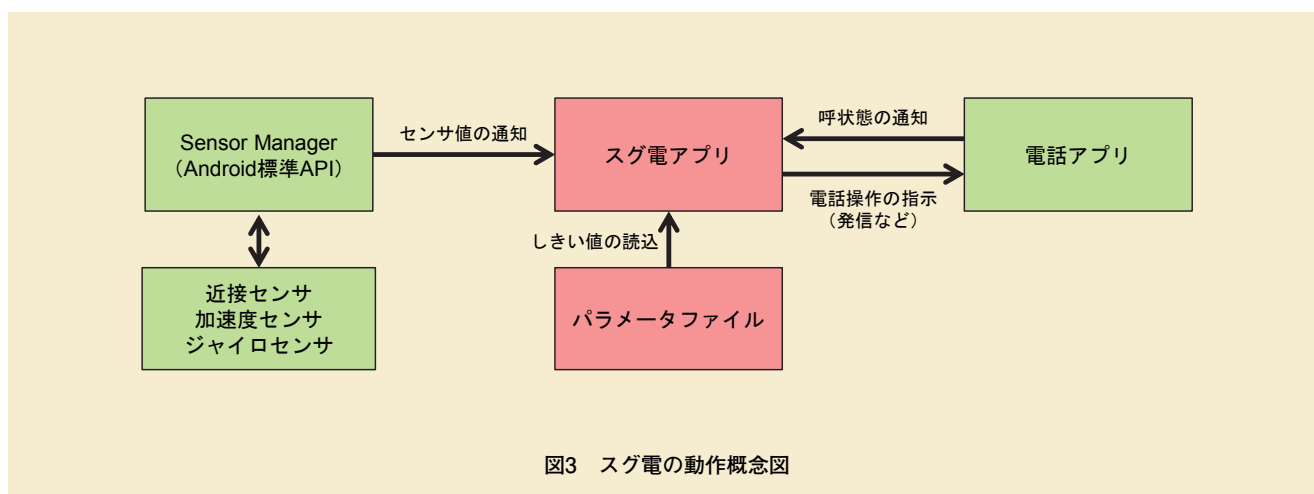
後、発信ダイアログの表示を確認するため、胸元まで端末を持ってくるケースが多くみられた。また、応答操作でも、音声着信後、ユーザーが着信相手を確認するために胸元まで端末を持ってくるケースが多かった。

そこで、胸の位置を起点とし、端末を耳のそばへ運ぶ動き（モーション）を検出する。なお、発信先を1カ所に限定するのではなく、当てる耳が左右どちらの耳にするかによって2カ所から発信先を選べるようにするため、どちらの耳を当てているかを検出することとした。

以上のユーザーの動きを踏まえ、下記の通り端末の動きを捉えることで各モーションを検出する。

耳に当てるモーションの検出シーケンスを図4(a)に示す。また、基準とする端末の座標軸の定義を図5に示す。

- ①スグ電アプリがモーション検出開始契機（発信：発信ダイアログ表示時、着信：音声着信時）を確認後、ジャイロ／加速度／近接の各センサを起動。



*2 モーション：ユーザーの端末操作による動き。
 *3 近接センサ：物体と接触したあるいは物体に近づいたかどうかを判定するセンサ。
 *4 加速度センサ：速度の変化を計測するセンサ。携帯端末に搭載することで、携帯端末の傾きや動きなどを検出することが可能と

なる。
 *5 ジャイロセンサ：角速度を計測するセンサ。携帯端末に搭載することで、携帯端末の回転方向の速度の変化を計測することが可能となる。
 *6 API：OSやミドルウェアなどが提供する機能

能を、上位のソフトウェアが利用するためのインタフェース。

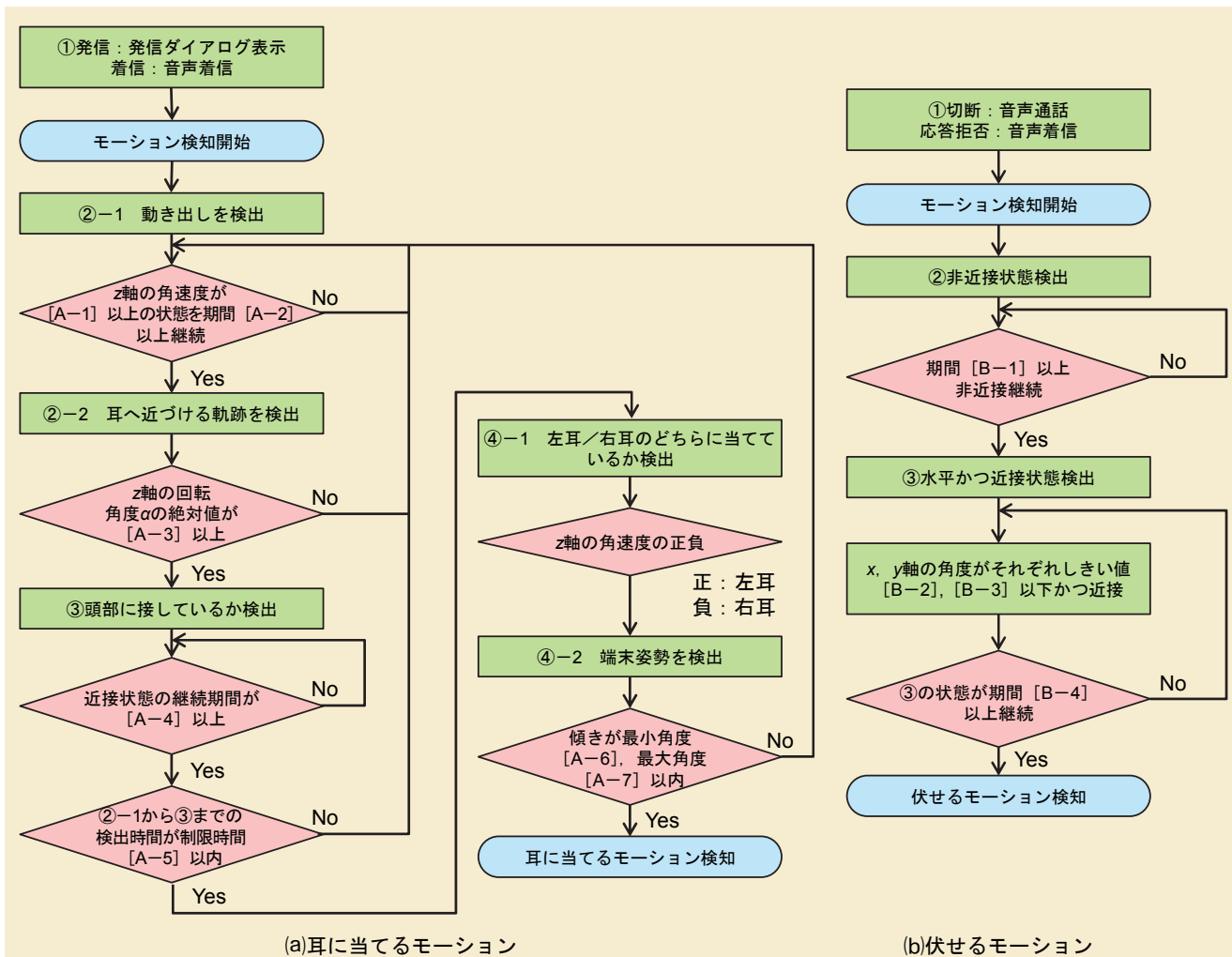


図4 モーションシーケンス

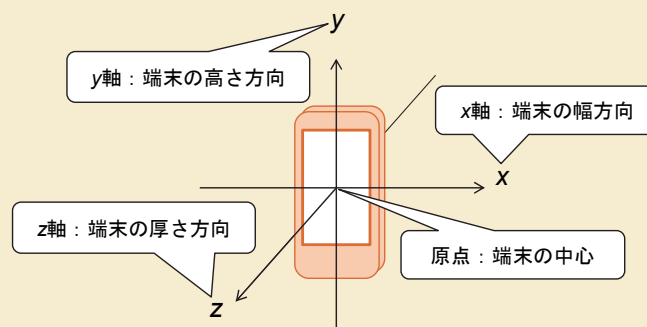


図5 基準となる座標軸

②ジャイロセンサを用いてユーザーが端末を耳のそばへ持ってくる動きを検出する。まず、②-1により動き出しを検出し、その後②-2により耳のそばへ近づける軌跡を計測することで耳へ近づけたことを検出する。

②-1：端末の動き出しを捉える。

原点を中心に x - y 面を回転させた際に、しきい値 $[A-1]$ 以上の角速度を一定期間 $[A-2]$ 以上継続しているかどうかジャイロセンサを用いて確認する。また、鞆の中で動いた場合などの動きを排除するため、期間 $[A-2]$ 中は端末が非近接状態であるか近接センサを用いて確認する。

②-2：動き出しから耳のそばへ持ってくる間の動きを検出する。

②-1検出時からの z 軸の回転角度 α の絶対値を、ジャイロセンサから得た角速度を時間積分することで算出し、

その値がしきい値 $[A-3]$ 以上かどうか確認する。しきい値以下の場合、②-1の判定からやり直す。(図6(a))

③近接センサを用いて、耳に近づいた端末が頭部に接しているかを確認する。

一定時間 $[A-4]$ の間近接状態を継続した場合、④の判定に進む。

②-1から③までの検出時間が制限時間 $[A-5]$ 以上を要した場合、②-1の判定からやり直す。

④加速度センサを使って左右どちらの耳元に端末を持ってきたかを判別し、端末の最終姿勢が耳に当てる角度として適正かを検出する。

④-1：判定時点の z 軸の原点から $+$ 方向を向いた状態での回転方向（時計回り／反時計回り）から左耳／右耳どちらに当てているかを判別する。

右耳と判定する条件（図6(b)）： z 軸の回転方向が反時計

回り、すなわち、 z 軸の角速度 <0

左耳と判定する条件： z 軸の回転方向が時計回り、すなわち、 z 軸の角速度 >0

④-2：④-1で判別した耳の向きに応じて、端末姿勢を判別する（図6(c)）。

重力加速度 g 、端末の x - y 面における y 軸から重力方向への傾きを β とする。 β がしきい値（最小角度 $[A-6]$ 、最大角度 $[A-7]$ ）の範囲内に収まっているかを確認する。端末センサでは β を直接検出できないため、確認は、下式より算出したしきい値での g_x 、 g_y と端末センサから検出された g_x 、 g_y を比較することで行う（ g_x 、 g_y は重力加速度の x 軸、 y 軸成分）。

右耳の場合：

$$g_x = g \cdot \sin \beta, \quad g_y = g \cdot \cos \beta$$

左耳の場合：

$$g_x = g \cdot \sin (-\beta), \\ g_y = g \cdot \cos (-\beta)$$

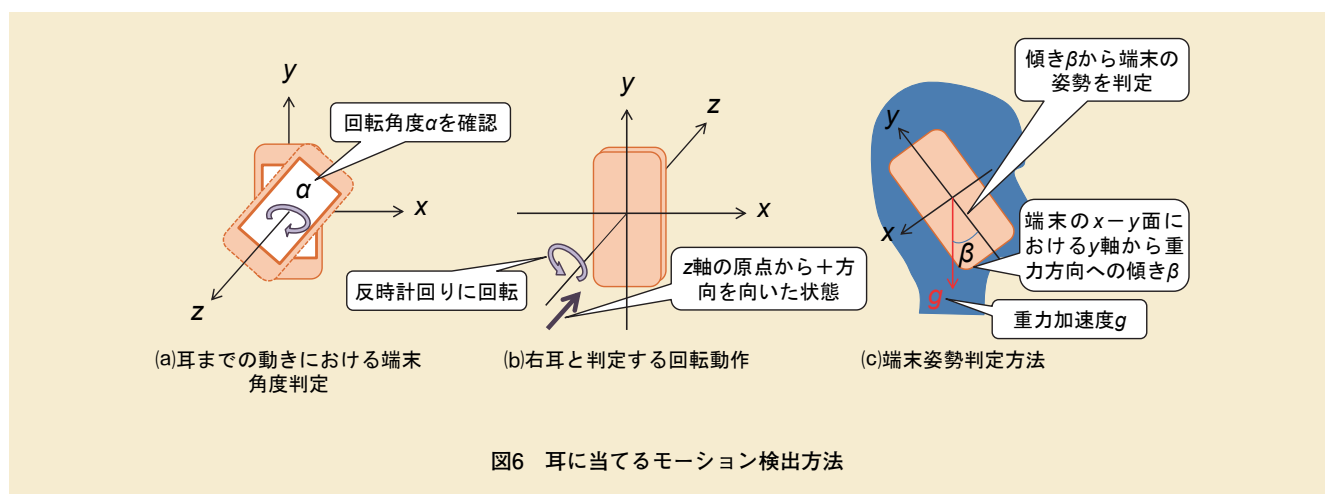


図6 耳に当てるモーション検出方法

以上、④-2までの条件に合致する場合、その動作を耳に当てるモーションとしている。

3.2 伏せるモーション (切断／応答拒否操作)

切断操作では、ユーザが耳につけて通話していた端末を耳から離して机や台などの上に置くケースが多かった。

このケースは、近接（耳につけた状態）、非近接（耳から離れた状態）、近接（机や台に置いた状態）といった近接、非近接動作を短時間で繰り返す動作となるため、近接センサを用いて端末の状態を正しく検出できるようにした。

また、応答拒否操作では音声着信後、ユーザが着信相手を確認するため、胸元まで端末を持ってきた後に、机や台などの上に置くケースが多かった。そこで、非近接状態を起点とし、端末を机や台などの上に置く動きを検出できるようにした。

伏せるモーションの検出シーケンスを図4(b)に示す。

- ①スグ電アプリがモーション検出開始契機（切断：音声通話時、応答拒否：音声着信時）を確認

後、加速度センサと近接センサを起動。

- ②近接センサを用いて、端末が頭部や机の上から離れた状態になっていることを確認。

一定時間 [B-1] の間、非近接状態を継続した場合、③の判定を開始。なお、ユーザの動きにより一瞬だけ非近接になるケースもあるため、その場合には判定しないように [B-1] を調整した。

- ③加速度センサおよび近接センサを用いて、端末が水平な状態で下を向き、机や台などに置かれた状態であることを検出する。

- ③-1：加速度センサを用いて端末が水平状態であることを確認する。

水平状態の検出方法として、加速度センサを用いて取得した重力加速度の絶対値を利用する。x軸・y軸の重力加速度がそれぞれ0である場合、端末が水平状態となっていることを意味する。実際のケースでは、机や台などが厳密に水平であるとは限らないため、x軸・y軸の角度 θ_x 、 θ_y にそ

れぞれしきい値を設け（x軸しきい値 [B-2]、y軸しきい値 [B-3]）、しきい値以下になっていることを重力加速度の絶対値を用いて確認する（図7）。

- ③-2：近接センサを用いて端末が物に接していることを確認する。

近接状態であれば、机や台の上に置かれている状態とみなす。

- ③-1、③-2を同時に満たしている状態を一定時間 [B-4] の間継続することでモーション検出条件を満たす。継続しない場合、③の検出を最初からやり直す。

3.3 2回振るモーション (切断／応答拒否操作)

切断操作では、ユーザが端末を耳から離して振る際、端末を振る位置がユーザごとに異なっていた。

また、応答拒否操作でも、音声着信後、ユーザが着信相手を確認するため胸元まで端末を持ってくるが、振る位置についてはユーザごとに異

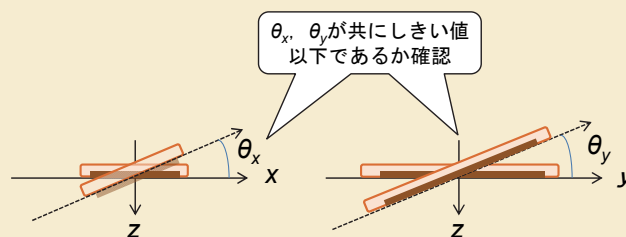


図7 水平状態検出方法

なっていた。

このため、振った際の端末の位置や状態を問わず、ユーザが明示的に振ったことを検出できるようにした。さらに、歩行中などの通常利用時に発生する振動には反応しないで制御できるようにした。

図8に2回振るモーションの検出方法を示す。

- ①モーション検出開始契機を確認後、スグ電アプリが加速度センサと近接センサを起動。
- ②一定時間 [E-1] 端末が静止している（しきい値 [E-2] を超えない）ことを確認し③の判定を開始。[E-1] 内に [E-2] を超えた場合、[E-2] を超えた時刻を起点に再度②の判定をやり直す。
- ③一定時間 [E-6] の間に端末が [E-2] と逆向きの加速度しきい値 [E-5] を超える事

を確認し④の判定を開始。[E-6] 内に [E-5] を超える加速度が検出されない場合、再度②の判定に戻る。

- ④一定時間 [E-8] の間に端末が [E-5] と逆向きの加速度しきい値 [E-7] を超える事を確認。[E-8] 内に [E-7] を超える加速度が検出されない場合、再度②の判定に戻る。

しきい値 [E-7] を超えた時点で近接センサが近接状態を検知していた場合 ⇒ 耳に当たっている状態など、ユーザが意図しない動作である可能性があるため、⑤-1の判定へ遷移。

しきい値 [E-7] を超えた時点で近接センサが非近接状態を検知していた場合 ⇒ ⑤-2

- ⑤-1：一定時間 [E-9] の間に近接センサが非近接状態に切り替わった場合 ⇒ ⑤-2

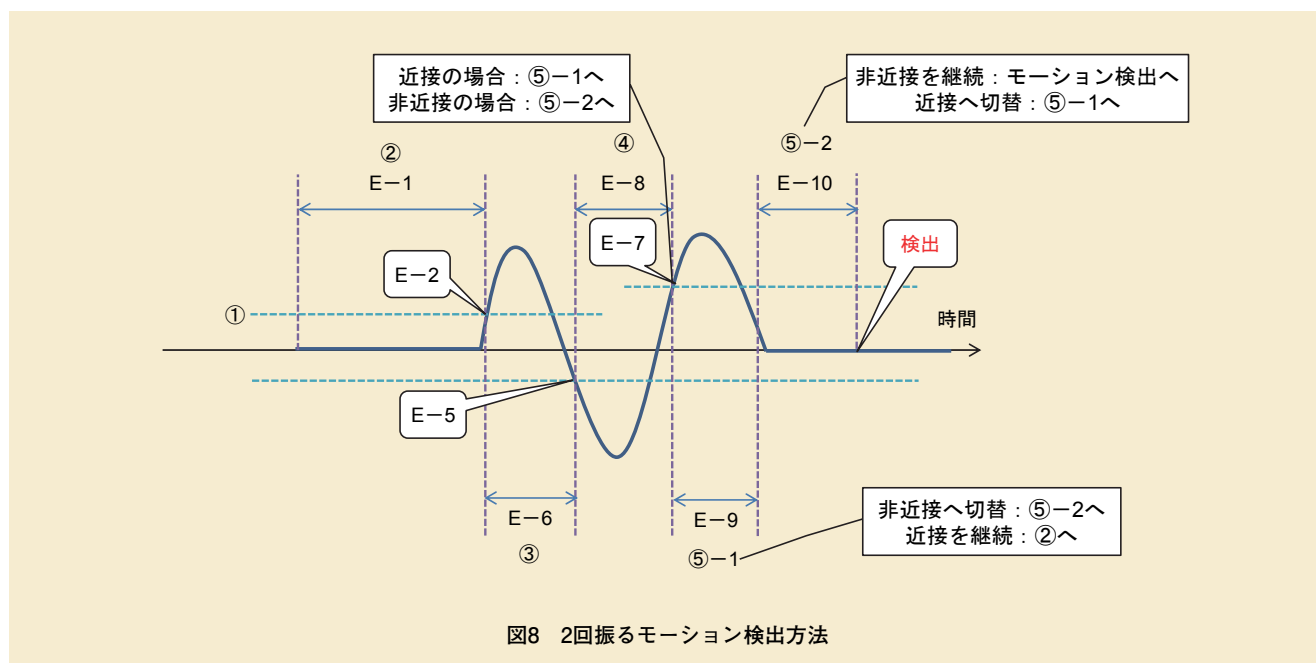
一定時間 [E-9] の間、近接センサが近接状態を継続した場合 ⇒ ユーザが意図しない動作であると判定し、②へ戻る

- ⑤-2：一定時間 [E-10] の間、近接センサが非近接状態を継続した場合 ⇒ 2回振るモーション検出（切断／応答拒否）

一定時間 [E-10] の間に近接センサが近接状態に切り替わった場合 ⇒ ユーザが意図しない動作である可能性があるため、⑤-1の判定へ遷移

3.4 動かすモーション（着信時名前非表示）

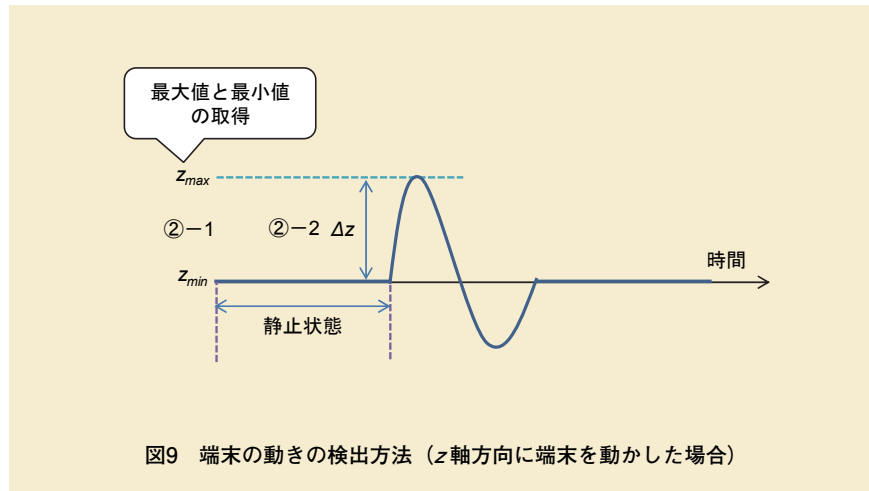
会議中に机の上に置いてあった端末に着信があった場合、誰からの着信かを周りの人に見られたくないと



いうユーザーの声があった。

このため、音声着信後またはビデオ着信後は非表示にし、机の上に置かれた端末をユーザーが意図的に持ち上げる、あるいは前後左右にスライドさせることで表示できるようにした。

- ① モーション検出開始契機を確認後、スグ電アプリが加速度センサを起動。
- ② 加速度センサを用いて取得した重力加速度の変化から、端末の動きを取得する。図9に端末の動きの検出方法を示す。
 - ②-1：重力加速度 xyz それぞれについて、現在からある一定時間過去の最大値と最小値の取得を行う。
 - ②-2：重力加速度 xyz それぞれについて取得した最大値と最小値の差分 Δ の計算を行う。
 - ②-3：差分 Δ の絶対値の合計



値を判定値として、一定値以上の場合は端末が移動した（モーション検出）と判断し名前を表示する。

4. あとがき

スグ電は、今までユーザーが当たり前のように行ってきたタップ操作を行わずに、電話を耳に当てるなどの自然な動きで電話操作を可能にしてい

る。今後もユーザーが日常生活で行っている自然な動きに着目し、多様な動きを取り入れることで、スグ電が人々のライフスタイルに溶け込めるよう、引続き進化をさせ、広めていきたい。

また、今後アルゴリズムに改良を加えていくことで、さらなる精度向上を図っていく予定である。