

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6183476号
(P6183476)

(45) 発行日 平成29年8月23日(2017.8.23)

(24) 登録日 平成29年8月4日(2017.8.4)

(51) Int.Cl.

F 1

G06F 3/041 (2006.01)
G06F 3/0488 (2013.01)G06F 3/041 480
G06F 3/0488

請求項の数 9 (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2015-562630 (P2015-562630)
 (86) (22) 出願日 平成26年2月14日 (2014.2.14)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2014/053402
 (87) 国際公開番号 WO2015/121956
 (87) 国際公開日 平成27年8月20日 (2015.8.20)
 審査請求日 平成28年7月28日 (2016.7.28)

(73) 特許権者 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号
 (74) 代理人 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (74) 代理人 100192636
 弁理士 加藤 隆夫
 (72) 発明者 谷中 聖志
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電子機器及び駆動制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

表示部と、

前記表示部の表示面側に配設され、操作面を有し、平面視で矩形状のトップパネルと、前記操作面に行われる操作入力の位置を検出する位置検出部と、

前記トップパネルの一つの辺に沿って配設され、前記操作面に振動を発生させる複数の第1振動素子と、

前記トップパネルの前記一つの辺の対向辺に沿って配設され、前記操作面に振動を発生させる複数の第2振動素子と、

前記操作面を複数の領域に区分した区分領域の位置と、各区分領域で駆動する前記第1振動素子又は前記第2振動素子の識別子とを関連付けた区分領域データを格納するメモリと、

前記位置検出部によって検出される前記操作入力の位置と、前記区分領域データとに基づいて、前記操作面に超音波帯の固有振動を発生させる駆動信号で、前記複数の第1振動素子及び前記複数の第2振動素子のうちの少なくともいずれか1つを駆動する駆動制御部と

を含む、電子機器。

【請求項 2】

前記駆動制御部は、前記操作面への操作入力の位置及び当該位置の時間的变化度合に応じて、前記固有振動の強度が変化するように前記複数の第1振動素子及び前記複数の第2

振動素子のうちの少なくともいずれか1つを駆動する、請求項1記載の電子機器。

【請求項3】

前記駆動制御部は、前記操作入力の位置が、前記表示部に表示されるG U I操作部の境界を跨いで移動するときに、又は、前記G U I操作部を操作しながら移動するときに、前記固有振動の強度を変化させる、請求項2記載の電子機器。

【請求項4】

前記駆動制御部は、前記操作入力の位置が、前記表示部に表示される画像のページを跨いで移動するときに、前記固有振動の強度を変化させる、請求項2又は3記載の電子機器。

【請求項5】

前記駆動制御部は、前記操作入力の位置が、前記表示部に表示される所定のG U I操作部の領域内を移動するときに、前記固有振動の強度を変化させる、請求項2又は3記載の電子機器。

10

【請求項6】

前記第1振動素子及び前記第2振動素子は、前記トップパネルの短辺に沿って配設されており、

前記駆動制御部が前記複数の第1振動素子及び前記複数の第2振動素子のうちの少なくともいずれか1つを振動させることにより、前記トップパネルの長辺の方向に振幅が変化する定在波が生じる、請求項1乃至5のいずれか一項記載の電子機器。

【請求項7】

20

前記駆動制御部は、所定時間経過後の前記操作入力の位置を当該位置の時間的变化度合に応じて推定し、推定した操作入力の位置に応じて、前記固有振動の強度が変化するように前記第1振動素子及び前記第2振動素子を駆動する、請求項1乃至6のいずれか一項記載の電子機器。

【請求項8】

前記駆動信号は、一定の周波数と一定の位相で前記操作面に超音波帯の固有振動を発生させる駆動信号である、請求項1乃至7のいずれか一項記載の電子機器。

【請求項9】

表示部と、

前記表示部の表示面側に配設され、操作面を有し、平面視で矩形状のトップパネルと、

30

前記操作面に行われる操作入力の位置を検出する位置検出部と、

前記トップパネルの一つの辺に沿って配設され、前記操作面に振動を発生させる複数の第1振動素子と、

前記トップパネルの前記一つの辺の対向辺に沿って配設され、前記操作面に振動を発生させる複数の第2振動素子と、

前記操作面を複数の領域に区分した区分領域の位置と、各区分領域で駆動する前記第1振動素子又は前記第2振動素子の識別子とを関連付けた区分領域データを格納するメモリと

を含む電子機器の駆動制御方法であって、

前記位置検出部によって検出される前記操作入力の位置と、前記区分領域データとに基づいて、前記操作面に超音波帯の固有振動を発生させる駆動信号で前記複数の第1振動素子及び前記複数の第2振動素子のうちの少なくともいずれか1つを駆動する、駆動制御方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子機器及び駆動制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、表示手段と、使用者の操作部位の前記表示手段への接触状態を検出する接触

50

検出手段と、前記表示手段に接触している前記操作部位に対し、所定の触感を与える触感振動を発生させる触感振動発生手段とを備える触感呈示装置がある（例えば、特許文献1参照）。

【0003】

この触感呈示装置は、さらに、前記接触検出手段による検出結果に基づいて、前記触感振動を発生させるための波形データを生成する振動波形データ生成手段を備える。また、この触感呈示装置は、さらに、前記振動波形データ生成手段により生成された前記波形データに対し超音波を搬送波として変調処理を行い、該変調処理により生成された超音波変調信号を、前記触感振動を発生させるための信号として前記触感振動発生手段に出力する超音波変調手段とを備える。

10

【0004】

また、前記超音波変調手段は、周波数変調又は位相変調のどちらか一方を行う。また、前記超音波変調手段は、更に振幅変調を行う。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2010-231609号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

20

ところで、従来の触感呈示装置の超音波の周波数は、可聴帯域より高い周波数（およそ20kHz以上）であればよく、超音波の周波数自体に特に工夫はなされていないため、良好な触感を提供できないおそれがある。

【0007】

そこで、良好な触感を提供できる電子機器及び駆動制御方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の実施の形態の電子機器は、表示部と、前記表示部の表示面側に配設され、操作面を有し、平面視で矩形状のトップパネルと、前記操作面に行われる操作入力の位置を検出する位置検出部と、前記トップパネルの一つの辺に沿って配設され、前記操作面に振動を発生させる複数の第1振動素子と、前記トップパネルの前記一つの辺の対向辺に沿って配設され、前記操作面に振動を発生させる複数の第2振動素子と、前記操作面を複数の領域に区分した区分領域の位置と、各区分領域で駆動する前記第1振動素子又は前記第2振動素子の識別子とを関連付けた区分領域データを格納するメモリと、前記位置検出部によつて検出される前記操作入力の位置と、前記区分領域データとに基づいて、前記操作面に超音波帯の固有振動を発生させる駆動信号で、前記複数の第1振動素子及び前記複数の第2振動素子のうちの少なくともいずれか1つを駆動する駆動制御部とを含む。

30

【発明の効果】

【0009】

40

良好な触感を提供できる電子機器及び駆動制御方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施の形態の電子機器100を示す斜視図である。

【図2】実施の形態の電子機器100を示す平面図である。

【図3】図2に示す電子機器100のA-A矢視断面を示す図である。

【図4】超音波帯の固有振動によってトップパネル120に生じる定在波のうち、トップパネル120の短辺に平行に形成される波頭を示す図である。

【図5】電子機器100のトップパネル120に生じさせる超音波帯の固有振動により、操作入力を行う指先に掛かる動摩擦力が変化する様子を説明する図である。

50

【図6】実施の形態の電子機器100の構成を示す図である。

【図7】第1駆動制御によってトップパネル120に生じる定在波の振幅を示す図である。

【図8】第1駆動制御で用いる区分領域を示す図である。

【図9】第1駆動制御による駆動パターンを示す図である。

【図10】実施の形態の電子機器100の駆動制御部240が実行する第1駆動制御の処理を示すフロー チャートである。

【図11】メモリ250に格納される第1データと第2データを示す図である。

【図12】実施の形態の電子機器100の駆動制御装置300の駆動制御部240が実行する処理を示すフロー チャートである。

10

【図13】実施の形態の電子機器100の動作例を示す図である。

【図14】実施の形態の電子機器100の動作例を示す図である。

【図15】実施の形態の電子機器100の動作例を示す図である。

【図16】実施の形態の電子機器100の動作例を示す図である。

【図17】実施の形態の電子機器100の動作例を示す図である。

【図18】実施の形態の電子機器100の動作例を示す図である。

【図19】実施の形態の変形例による振動素子の配置を示す図である。

【図20】実施の形態の変形例の電子機器100Aを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

20

以下、本発明の電子機器及び駆動制御方法を適用した実施の形態について説明する。

【0012】

<実施の形態>

図1は、実施の形態の電子機器100を示す斜視図である。

【0013】

電子機器100は、一例として、タッチパネルを入力操作部とする、スマートフォン端末機、又は、タブレット型コンピュータである。電子機器100は、タッチパネルを入力操作部とする機器であればよいため、例えば、携帯情報端末機、又は、ATM(Automatic Teller Machine)のように特定の場所に設置されて利用される機器であってもよい。

【0014】

30

電子機器100の入力操作部101は、タッチパネルの下にディスプレイパネルが配設されており、ディスプレイパネルにGUI(Graphic User Interface)による様々なボタン102A、又は、スライダー102B等(以下、GUI操作部102と称す)が表示される。

【0015】

電子機器100の利用者は、通常、GUI操作部102を操作するために、指先で入力操作部101に触れる。

【0016】

次に、図2を用いて、電子機器100の具体的な構成について説明する。

【0017】

40

図2は、実施の形態の電子機器100を示す平面図であり、図3は、図2に示す電子機器100のA-A矢視断面を示す図である。なお、図2及び図3では、図示するように直交座標系であるXYZ座標系を定義する。

【0018】

電子機器100は、筐体110、トップパネル120、両面テープ130、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3、タッチパネル150、ディスプレイパネル160、及び基板170を含む。

【0019】

筐体110は、例えば、樹脂製であり、図3に示すように凹部110Aに基板170、ディスプレイパネル160、及びタッチパネル150が配設されるとともに、両面テープ

50

130によってトップパネル120が接着されている。

【0020】

トップパネル120は、平面視で長方形の薄い平板状の部材であり、透明なガラス、又は、ポリカーボネートのような強化プラスティックで作製される。トップパネル120の表面（Z軸正方向側の面）は、電子機器100の利用者が操作入力を行う操作面の一例である。

【0021】

トップパネル120は、Z軸負方向側の面に振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3が接着され、平面視における四辺が両面テープ130によって筐体110に接着されている。なお、両面テープ130は、トップパネル120の四辺を筐体110に接着できればよく、図3に示すように矩形環状である必要はない。

10

【0022】

トップパネル120のZ軸負方向側にはタッチパネル150が配設される。トップパネル120は、タッチパネル150の表面を保護するために設けられている。なお、トップパネル120の表面に、さらに別なパネル又は保護膜等が設けられていてもよい。

【0023】

トップパネル120は、Z軸負方向側の面に振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3が接着された状態で、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3が駆動されることによって振動する。実施の形態では、トップパネル120の固有振動周波数でトップパネル120を振動させて、トップパネル120に定在波を生じさせる。ただし、トップパネル120には振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3が接着されているため、実際には、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3の重さ等を考慮した上で、固有振動周波数を決めることが好ましい。

20

【0024】

振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3は、トップパネル120のZ軸負方向側の面に接着されている。なお、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3を特に区別しない場合には、単に振動素子140と称す。

30

【0025】

振動素子140A1、140A2、140A3は、Y軸負方向側において、X軸方向に伸延する短辺に沿って、X軸負方向側からX軸正方向側にかけて、この順に配列されている。振動素子140A1、140A2、140A3は、複数の第1振動素子の一例である。

【0026】

振動素子140B1、140B2、140B3は、Y軸正方向側において、X軸方向に伸延する短辺に沿って、X軸負方向側からX軸正方向側にかけて、この順に配列されている。振動素子140B1、140B2、140B3は、複数の第2振動素子の一例である。

40

【0027】

振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3は、超音波帯の振動を発生できる素子であればよく、例えば、ピエゾ素子のような圧電素子を含むものを用いることができる。

【0028】

振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3は、後述する駆動制御部から出力される駆動信号によって駆動される。振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3が発生する振動の振幅（強度）及び周波数は駆動信号によって設定される。また、振動素子140A1、14

50

0 A 2、140 A 3、140 B 1、140 B 2、140 B 3のオン／オフは駆動信号によって制御される。

【0029】

なお、超音波帯とは、例えば、約20 kHz以上の周波数帯をいう。実施の形態の電子機器100では、振動素子140 A 1、140 A 2、140 A 3、140 B 1、140 B 2、140 B 3が振動する周波数は、トップパネル120の振動数と等しくなる。このため、振動素子140 A 1、140 A 2、140 A 3、140 B 1、140 B 2、140 B 3は、トップパネル120の固有振動数で振動するように駆動信号によって駆動される。

【0030】

タッチパネル150は、ディスプレイパネル160の上（Z軸正方向側）で、トップパネル120の下（Z軸負方向側）に配設されている。タッチパネル150は、電子機器100の利用者がトップパネル120に触れる位置（以下、操作入力の位置と称す）を検出する座標検出部の一例である。

【0031】

タッチパネル150の下にあるディスプレイパネル160には、GUIによる様々なボタン等（以下、GUI操作部と称す）が表示される。このため、電子機器100の利用者は、通常、GUI操作部を操作するために、指先でトップパネル120に触れる。

【0032】

タッチパネル150は、利用者のトップパネル120への操作入力の位置を検出できる座標検出部であればよく、例えば、静電容量型又は抵抗膜型の座標検出部であればよい。ここでは、タッチパネル150が静電容量型の座標検出部である形態について説明する。タッチパネル150とトップパネル120との間に隙間があっても、静電容量型のタッチパネル150は、トップパネル120への操作入力を検出できる。

【0033】

また、ここでは、タッチパネル150の入力面側にトップパネル120が配設される形態について説明するが、トップパネル120はタッチパネル150と一体的であってもよい。この場合、タッチパネル150の表面が図2及び図3に示すトップパネル120の表面になり、操作面を構築する。また、図2及び図3に示すトップパネル120を省いた構成であってもよい。この場合も、タッチパネル150の表面が操作面を構築する。また、この場合には、操作面を有する部材を、当該部材の固有振動で振動させればよい。

【0034】

また、タッチパネル150が静電容量型の場合は、トップパネル120の上にタッチパネル150が配設されていてもよい。この場合も、タッチパネル150の表面が操作面を構築する。また、タッチパネル150が静電容量型の場合は、図2及び図3に示すトップパネル120を省いた構成であってもよい。この場合も、タッチパネル150の表面が操作面を構築する。また、この場合には、操作面を有する部材を、当該部材の固有振動で振動させればよい。

【0035】

ディスプレイパネル160は、例えば、液晶ディスプレイパネル又は有機EL(Electro Luminescence)パネル等の画像を表示できる表示部であればよい。ディスプレイパネル160は、筐体110の凹部110Aの内部で、図示を省略するホルダ等によって基板170の上（Z軸正方向側）に設置される。

【0036】

ディスプレイパネル160は、後述するドライバIC(Integrated Circuit)によって駆動制御が行われ、電子機器100の動作状況に応じて、GUI操作部、画像、文字、記号、図形等を表示する。

【0037】

基板170は、筐体110の凹部110Aの内部に配設される。基板170の上には、ディスプレイパネル160及びタッチパネル150が配設される。ディスプレイパネル160及びタッチパネル150は、図示を省略するホルダ等によって基板170及び筐体1

10

20

30

40

50

10に固定されている。

【0038】

基板170には、後述する駆動制御装置の他に、電子機器100の駆動に必要な種々の回路等が実装される。

【0039】

以上のような構成の電子機器100は、トップパネル120に利用者の指が接触し、指先の移動を検出すると、基板170に実装される駆動制御部が振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3を駆動し、トップパネル120を超音波帯の周波数で振動させる。この超音波帯の周波数は、トップパネル120と振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3とを含む共振系の共振周波数であり、トップパネル120に定在波を発生させる。10

【0040】

電子機器100は、超音波帯の定在波を発生させることにより、トップパネル120を通じて利用者に触感を提供する。

【0041】

なお、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3を駆動する場合は、周期数kが整数の場合は、振動素子140A1、140A2、140A3と、振動素子140B1、140B2、140B3とを同一位相で駆動すればよい。また、周期数kが奇数の場合は逆位相で駆動すればよい。20

【0042】

次に、図4を用いて、トップパネル120に発生させる定在波について説明する。実施の形態の電子機器100では、トップパネル120への操作入力の位置に応じて、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3のうちの少なくとも1つを駆動する。しかしながら、ここでは、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3のすべてを駆動したときにトップパネル120に生じる定在波について説明する。

【0043】

図4は、超音波帯の固有振動によってトップパネル120に生じる定在波のうち、トップパネル120の短辺に平行に形成される波頭を示す図であり、図4の(A)は側面図、(B)は斜視図である。図4の(A)、(B)では、図2及び図3と同様のXYZ座標を定義する。なお、図4の(A)、(B)では、理解しやすさのために、定在波の振幅を誇張して示す。また、図4の(A)、(B)では振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3を省略する。30

【0044】

トップパネル120のヤング率E、密度ρ、ポアソン比δ、長辺寸法l、厚さtと、長辺方向に存在する定在波の周期数kとを用いると、トップパネル120の固有振動数(共振周波数)fは次式(1)、(2)で表される。定在波は1/2周期単位で同じ波形を有するため、周期数kは、0.5刻みの値を取り、0.5、1、1.5、2…となる。

【0045】

【数1】

$$f = \frac{\pi k^2 t}{l^2} \sqrt{\frac{E}{3\rho(1-\delta^2)}} \quad (1)$$

【0046】

50

20

30

40

50

【数2】

$$f = \alpha k^2 \quad (2)$$

なお、式(2)の係数 α は、式(1)における k^2 以外の係数をまとめて表したものである。 10

【0047】

図4の(A)、(B)に示す定在波は、一例として、周期数 k が10の場合の波形である。例えば、トップパネル120として、長辺の長さ l が140mm、短辺の長さが80mm、厚さ t が0.7mmのGorilla(登録商標)ガラスを用いる場合には、周期数 k が10の場合に、固有振動数 f は33.5 [kHz]となる。この場合は、周波数が33.5 [kHz]の駆動信号を用いればよい。

【0048】

トップパネル120は、平板状の部材であるが、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3(図2及び図3参照)を駆動して超音波帯の固有振動を発生させると、図4の(A)、(B)に示すように撓むことにより、表面に定在波が生じる。 20

【0049】

なお、ここでは、トップパネル120のZ軸負方向側の面において、振動素子140A1、140A2、140A3は、Y軸負方向側において、X軸方向に伸延する短辺に沿って配列され、振動素子140B1、140B2、140B3は、Y軸正方向側において、X軸方向に伸延する短辺に沿って配列される形態について説明する。

【0050】

すなわち、トップパネル120のZ軸負方向側の面において、Y軸負方向側でX軸方向に伸延する短辺と、Y軸正方向側でX軸方向に伸延する短辺とに、それぞれ、3つの振動素子を配設している。 30

【0051】

しかしながら、トップパネル120の一対の短辺に沿ってそれぞれ配設される振動素子の数は、複数であれば幾つであってもよい。ただし、それぞれの短辺に沿って配設される振動素子の数が等しく、トップパネル120のY軸方向の中点を通るX軸に平行な直線を対称軸として軸対称に配設されればよい。

【0052】

また、トップパネル120の一対の長辺に沿って、それぞれ複数の振動素子を配設してもよい。

【0053】

次に、図5を用いて、電子機器100のトップパネル120に生じさせる超音波帯の固有振動について説明する。 40

【0054】

図5は、電子機器100のトップパネル120に生じさせる超音波帯の固有振動により、操作入力を行う指先に掛かる動摩擦力が変化する様子を説明する図である。図5の(A)、(B)では、利用者が指先でトップパネル120に触れながら、指をトップパネル120の奥側から手前側に矢印に沿って移動する操作入力をを行っている。なお、振動のオン/オフは、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3(図2及び図3参照)をオン/オフすることによって行われる。

【0055】

また、図5の(A)、(B)では、トップパネル120の奥行き方向において、振動がオフの間に指が触れる範囲をグレーで示し、振動がオンの間に指が触れる範囲を白く示す。

【0056】

超音波帯の固有振動は、図4に示すようにトップパネル120の全体に生じるが、図5の(A)、(B)には、利用者の指がトップパネル120の奥側から手前側に移動する間に振動のオン／オフを切り替える動作パターンを示す。

【0057】

このため、図5の(A)、(B)では、トップパネル120の奥行き方向において、振動がオフの間に指が触れる範囲をグレーで示し、振動がオンの間に指が触れる範囲を白く示す。

10

【0058】

図5の(A)に示す動作パターンでは、利用者の指がトップパネル120の奥側にあるときに振動がオフであり、指を手前側に移動させる途中で振動がオンになっている。

【0059】

一方、図5の(B)に示す動作パターンでは、利用者の指がトップパネル120の奥側にあるときに振動がオンであり、指を手前側に移動させる途中で振動がオフになっている。

【0060】

ここで、トップパネル120に超音波帯の固有振動を生じさせると、トップパネル120の表面と指との間にスクイーズ効果による空気層が介在し、指でトップパネル120の表面をなぞったときの動摩擦係数が低下する。

20

【0061】

従って、図5の(A)では、トップパネル120の奥側にグレーで示す範囲では、指先に掛かる動摩擦力は大きく、トップパネル120の手前側に白く示す範囲では、指先に掛かる動摩擦力は小さくなる。

【0062】

このため、図5の(A)に示すようにトップパネル120に操作入力を行う利用者は、振動がオンになると、指先に掛かる動摩擦力の低下を感じし、指先の滑り易さを知覚することになる。このとき、利用者はトップパネル120の表面がより滑らかになることにより、動摩擦力が低下するときに、トップパネル120の表面に凹部が存在するように感じる。

30

【0063】

一方、図5の(B)では、トップパネル120の奥前側に白く示す範囲では、指先に掛かる動摩擦力は小さく、トップパネル120の手前側にグレーで示す範囲では、指先に掛かる動摩擦力は大きくなる。

【0064】

このため、図5の(B)に示すようにトップパネル120に操作入力を行う利用者は、振動がオフになると、指先に掛かる動摩擦力の増大を感じし、指先の滑り難さ、あるいは引っ掛かる感じを知覚することになる。そして、指先が滑りにくくなることにより、動摩擦力が高くなるときに、トップパネル120の表面に凸部が存在するように感じる。

40

【0065】

以上より、図5の(A)と(B)の場合は、利用者は指先で凹凸を感じ取ることができる。このように入間が凹凸の知覚することは、例えば、"触感デザインのための印刷物転写法とSticky-band Illusion"(第11回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集(SI2010, 仙台)____174-177, 2010-12)に記載されている。また、"Fishbone Tactile Illusion"(日本バーチャルリアリティ学会第10回大会論文集(2005年9月))にも記載されている。

【0066】

なお、ここでは、振動のオン／オフを切り替える場合の動摩擦力の変化について説明し

50

たが、これは、振動素子 140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3 の振幅（強度）を変化させた場合も同様である。

【0067】

次に、図6を用いて、実施の形態の電子機器100の構成について説明する。

【0068】

図6は、実施の形態の電子機器100の構成を示す図である。

【0069】

電子機器100は、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3、アンプ141、タッチパネル150、ドライバIC(Integrated Circuit)151、ディスプレイパネル160、ドライバIC161、制御部200、正弦波発生器310、及び振幅変調器320を含む。
10

【0070】

制御部200は、アプリケーションプロセッサ220、通信プロセッサ230、駆動制御部240、及びメモリ250を有する。制御部200は、例えば、ICチップで実現される。

【0071】

また、駆動制御部240、正弦波発生器310、及び振幅変調器320は、駆動制御装置300を構築する。なお、ここでは、アプリケーションプロセッサ220、通信プロセッサ230、駆動制御部240、及びメモリ250が1つの制御部200によって実現される形態について説明するが、駆動制御部240は、制御部200の外部に別のICチップ又はプロセッサとして設けられていてもよい。この場合には、メモリ250に格納されているデータのうち、駆動制御部240の駆動制御に必要なデータは、メモリ250とは別のメモリに格納して、駆動制御装置300の内部に設ければよい。
20

【0072】

図6では、筐体110、トップパネル120、両面テープ130、及び基板170(図2参照)は省略する。また、ここでは、アンプ141、ドライバIC151、ドライバIC161、駆動制御部240、メモリ250、正弦波発生器310、及び振幅変調器320について説明する。

【0073】

アンプ141は、駆動制御装置300と振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3との間に配設されており、駆動制御装置300から出力される駆動信号を増幅して振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3を駆動する。
30

【0074】

なお、アンプ141は6つあり、それぞれ、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3に接続される。振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3に対しては、駆動制御装置300からそれぞれ別々に駆動信号が入力される。

【0075】

ドライバIC151は、タッチパネル150に接続されており、タッチパネル150への操作入力があった位置を表す位置データを検出し、位置データを制御部200に出力する。この結果、位置データは、アプリケーションプロセッサ220と駆動制御部240に入力される。なお、位置データが駆動制御部240に入力されることとは、位置データが駆動制御装置300に入力されることと等価である。
40

【0076】

ドライバIC161は、ディスプレイパネル160に接続されており、駆動制御装置300から出力される描画データをディスプレイパネル160に入力し、描画データに基づく画像をディスプレイパネル160に表示させる。これにより、ディスプレイパネル160には、描画データに基づくGUI操作部又は画像等が表示される。

【0077】

アプリケーションプロセッサ 220 は、電子機器 100 の種々のアプリケーションを実行する処理を行う。

【0078】

通信プロセッサ 230 は、電子機器 100 が 3G (Generation)、4G (Generation)、LTE (Long Term Evolution)、WiFi 等の通信を行うために必要な処理を実行する。

【0079】

駆動制御部 240 は、2 種類の駆動制御を行う。第 1 駆動制御は、トップパネル 120 への操作入力の位置に応じて、振動素子 140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3 のうちの少なくとも 1 つを選択して駆動する駆動制御である。

10

【0080】

また、第 2 駆動制御は、2 つの所定の条件が揃った場合に、振幅データを振幅変調器 320 に出力する駆動制御である。

【0081】

以下では、駆動制御部 240 の第 1 駆動制御と第 2 駆動制御のそれについて説明するとともに、両者の関係について説明する。なお、メモリ 250、正弦波発生器 310、及び振幅変調器 320 については、駆動制御部 240 の後に説明を行う。

【0082】

まず、図 7 乃至図 10 を用いて、駆動制御部 240 の第 1 駆動制御について説明する。

【0083】

図 7 は、第 1 駆動制御によってトップパネル 120 に生じる定在波の振幅を示す図である。図 7 の (A) には、振動素子 140A2 及び 140B2 を駆動した場合の定在波を示し、図 7 の (B) には、振動素子 140B2 のみを駆動した場合の定在波を示す。

20

【0084】

なお、定在波の振幅が大きい部分を濃いグレーで示し、振幅が小さくなるほど白く示す。

【0085】

図 7 の (A) に示すように、振動素子 140A2 及び 140B2 のみを駆動すると、トップパネル 120 の短辺の中央部において、長辺方向の全体にわたって定在波の振幅が大きい領域が得られていることが分かる。これは、振動素子 140A2 と振動素子 140B2 との間ににおける長辺方向の全体にわたって振幅が大きい定在波が生じていることを表す。

30

【0086】

また、振幅の最大値は、すべての振動素子 140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3 を駆動した場合に得られる定在波の振幅の最大値と略同様である。

【0087】

また、図 7 の (A) に示すような傾向は、平面視で矩形状のトップパネル 120 に対する、振動素子 140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3 の配置の対称性から、長辺方向で向かい合う 2 つの振動素子 140 を駆動した場合にも同様である。

40

【0088】

すなわち、振動素子 140A1 と 140B1 を駆動すれば、トップパネル 120 の短辺の X 軸負方向側において、長辺方向の全体にわたって定在波の振幅が大きい領域が得られる。また、振動素子 140A3 と 140B3 を駆動すれば、トップパネル 120 の短辺の X 軸正方向側において、長辺方向の全体にわたって定在波の振幅が大きい領域が得られる。

【0089】

また、振動素子 140A1、140A2、140B1、140B2 を駆動すれば、トップパネル 120 の短辺の X 軸負方向側と中央部において、長辺方向の全体にわたって定在

50

波の振幅が大きい領域が得られる。

【0090】

また、振動素子 140A2、140A3、140B2、140B3を駆動すれば、トップパネル 120 の短辺の中央部と X 軸正方向側において、長辺方向の全体にわたって定在波の振幅が大きい領域が得られる。

【0091】

また、図 7 の (B) に示すように、振動素子 140B2 のみを駆動すると、トップパネル 120 の短辺の中央部で、かつ、長辺の中央よりも Y 軸正方向側にのみ定在波の振幅が大きい領域が得られていることが分かる。これは、振動素子 140B2 の近傍にのみ振幅が大きい定在波が生じていることを表す。10

【0092】

また、振幅の最大値は、すべての振動素子 140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3 を駆動した場合に得られる定在波の振幅の最大値と略同10一である。

【0093】

また、図 7 の (B) に示すような傾向は、振動素子 140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3 のいずれか一つのみを駆動した場合にも同様である。

【0094】

このように、振動素子 140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3 のうちの長辺方向で向かい合う 1 組、長辺方向で向かい合い、かつ、X 軸方向において隣り合う 2 組、又は、いずれか 1 つを選択することにより、トップパネル 120 に振幅の大きい領域を選択的に発生させることができる。20

【0095】

これは、例えば、振動素子 140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3 のすべてを駆動して図 4 に示すようにトップパネル 120 の表面全体に定在波を振動させる場合に比べると、消費電力を最大で 1 / 6 に低減できることを意味する。また、1 つの振動素子、又は、長辺方向あるいは短辺方向に対向して配置する 2 つの振動素子でトップパネル 120 の全体を振動させる場合に比べて、振動素子 140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3 の各々を小型化できるため、上述のような駆動パターンを用いることにより、消費電力を低減することができる。30

【0096】

操作入力が行われるのは、トップパネル 120 の表面の一部であるため、表面の全体に定在波を発生させなくても問題が生じない場合には、第 1 駆動制御によって消費電力を低減することは、特に電子機器 100 がバッテリで駆動されるような場合には有効的である。

【0097】

従って、第 1 駆動制御では、駆動制御部 240 は、操作入力の位置に応じて、振動素子 140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3 のうちのいずれかを選択的に駆動する。40

【0098】

図 8 は、第 1 駆動制御で用いる区分領域を示す図である。図 8 に破線で示すように、トップパネル 120 の表面を X 軸方向に 3 等分するとともに Y 軸方向に 3 等分することにより、合計で 9 つの領域に分ける。ここでは、各領域を区分領域と称し、図 8 に示すように、区分領域 1 ~ 9 として区別する。

【0099】

区分領域 1 ~ 9 の X 軸方向における境界は、短辺を 3 等分して得られる 2 本の境界であり、振動素子 140A1、140A2、140A3 と、振動素子 140B1、140B2、140B3 との位置に対応している。また、Y 軸方向における境界は、長辺を 3 等分して得られる 2 本の境界である。50

【 0 1 0 0 】

図9は、第1駆動制御による駆動パターンを示す図である。図9には、6つの例を示す。また、図9では、操作入力の位置を指先の絵で示す。

【 0 1 0 1 】

図9の(A)に示すように、操作入力が区分領域5に行われた場合は、振動素子140A2と140B2のみを駆動する。区分領域5のように長辺方向における中央部では、図7の(A)と(B)を比較して分かるように、長辺の両端に位置する振動素子140A2と140B2を駆動する方が、振動素子140A2又は140B2のいずれか一方を駆動する場合よりも振幅の大きい定在波が得られるからである。

【 0 1 0 2 】

図9の(B)に示すように、操作入力が区分領域6に行われた場合は、振動素子140B2のみを駆動する。図7の(A)と(B)を比較して分かるように、振動素子140B2のみの駆動で区分領域6に振幅の大きい定在波が得られるからである。

【 0 1 0 3 】

図9の(C)に示すように、操作入力が区分領域2に行われた場合は、振動素子140A1と140B1のみを駆動する。また、図9の(D)に示すように、操作入力が区分領域3に行われた場合は、振動素子140B1のみを駆動する。

【 0 1 0 4 】

図9の(E)に示すように、操作入力が区分領域2と区分領域5とに跨って行われた場合は、振動素子140A1、140A2、140B1、140B2のみを駆動する。区分領域2と区分領域5の両方で振幅の大きい定在波が発生させるためである。

10

【 0 1 0 5 】

図9の(F)に示すように、操作入力が区分領域3と区分領域6とに跨って行われた場合は、振動素子140B1と140B2のみを駆動する。区分領域3と区分領域6の両方で振幅の大きい定在波が発生させるためである。

【 0 1 0 6 】

なお、操作入力の位置を表す位置データは、上述したように、ドライバIC151から駆動制御部240に入力される。また、ドライバIC151からは、位置データに加えて、操作入力に際して利用者の指先がトップパネル120に触れた領域を表すデータも駆動制御部240に入力される。

30

【 0 1 0 7 】

従って、駆動制御部240は、利用者の指先がトップパネル120に触れた領域を表すデータに基づいて、操作入力が区分領域1～9のいずれに含まれるかを判定すればよい。なお、区分領域1～9の領域を表す区分領域データは、メモリ250に格納しておけばよい。

【 0 1 0 8 】

図10、実施の形態の電子機器100の駆動制御部240が実行する第1駆動制御の処理を示すフローチャートである。

【 0 1 0 9 】

電子機器100のOS(Operating System)は、所定の制御周期毎に電子機器100を駆動するための制御を実行する。このため、駆動制御装置300は、所定の制御周期毎に演算を行う。これは駆動制御部240も同様であり、駆動制御部240は、図10に示すフローを所定の制御周期毎に繰り返し実行する。

40

【 0 1 1 0 】

駆動制御部240は、電子機器100の電源がオンにされることにより、処理をスタートさせる。

【 0 1 1 1 】

駆動制御部240は、ドライバIC151(図6参照)から入力される、指先がトップパネル120に触れた領域を表すデータに基づき、操作入力の位置と領域を検出したかどうかを判定する(ステップS1)。ステップS1の処理は、操作入力の位置と範囲を検出

50

するまで繰り返し実行される。

【0112】

なお、操作入力の領域とは、指先が触れている領域であり、操作入力の位置は、操作入力の領域の重心点の座標で表される。

【0113】

駆動制御部240は、操作入力の位置と範囲を検出すると(S1:YES)、操作入力の位置と範囲に基づき、操作入力が行われている区分領域を検出する(ステップS2)。ステップS2により、区分領域1～9(図8参照)のいずれに操作入力が行われているかが判明する。

【0114】

なお、ここでは、操作入力の領域が複数の区分領域に跨っている場合には、複数の区分領域が検出される。操作入力の領域を少しでも含んでいれば、その区分領域は、操作入力が行われている区分領域として検出される。

【0115】

次いで、駆動制御部240は、ステップS2で判定した区分領域に対応する駆動素子140を選択して駆動する(ステップS3)。区分領域に対応する駆動素子140の選択は、後述するメモリ250に格納される区分領域データを用いて行う。

【0116】

なお、ステップS3の処理の詳細は、図12を用いて後述するステップS31～S37によって実現される。

10

【0117】

次いで、駆動制御部240は、操作入力があるかどうかを判定する(ステップS4)。撓り具体的には、駆動制御部240は、ドライバIC151(図6参照)から入力される、指先がトップパネル120に触れた領域を表すデータに基づき、操作入力の有無を判定する。

【0118】

駆動制御部240は、操作入力がある(S4:YES)と判定するとフローをステップS1にリターンする。駆動制御部240は、操作入力がない(S4:NOT YES)と判定すると、一連の処理を終了する(エンド)。

【0119】

30

以上のような第1駆動制御の処理により、操作入力の行われた区分領域に対応する駆動素子140が選択的に駆動される。

【0120】

なお、ステップS2で操作入力が行われている区分領域を検出する際に、操作入力の領域を少しでも含んでいれば、その区分領域が操作入力が行われている区分領域として検出される形態について説明するが、操作入力の領域のある一定の面積以上を含む場合に、その区分領域を操作入力が行われている区分領域として検出するようにしてもよい。このような区分領域の検出に関する設定は、様々な手法で設定することができる。

【0121】

次に、駆動制御部240の第2駆動制御について説明する。

40

【0122】

駆動制御部240は、2つの所定の条件が揃った場合に、振幅データを振幅変調器320に出力する。振幅データは、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3の駆動に用いる駆動信号の強度を調整するための振幅値を表すデータである。振幅値は、位置データの時間的变化度合に応じて設定される。ここで、位置データの時間的变化度合としては、利用者の指先がトップパネル120の表面に沿って移動する速度を用いる。利用者の指先の移動速度は、ドライバIC151から入力される位置データの時間的な変化度合に基づいて、駆動制御部240が算出する。

【0123】

実施の形態の駆動制御装置300は、一例として、指先の移動速度に関わらずに利用者

50

が指先から感知する触感を一定にするために、移動速度が高いほど振幅値を小さくし、移動速度が低いほど振幅値を大きくする。

【0124】

このような振幅値を表す振幅データと移動速度との関係を表す第1データは、メモリ250に格納されている。

【0125】

なお、ここでは、第1データを用いて移動速度に応じた振幅値を設定する形態について説明するが、次式(3)を用いて振幅値Aを算出してもよい。式(3)で算出される振幅値Aは、移動速度が高いほど小さくなり、移動速度が低いほど大きくなる。

【0126】

【数3】

10

$$A = A_0 / \sqrt{|V|/a} \quad (3)$$

ここで、A0は振幅の基準値であり、Vは指先の移動速度であり、aは所定の定数である。式(3)を用いて振幅値Aを算出する場合は、式(3)を表すデータと、振幅の基準値A0と所定の定数aを表すデータとをメモリ250に格納しておけばよい。

20

【0127】

また、実施の形態の駆動制御装置300は、利用者の指先がトップパネル120の表面に沿って移動したときに、指先に掛かる動摩擦力を変化するためにトップパネル120を振動させる。動摩擦力は、指先が移動しているときに発生するため、駆動制御部240は、移動速度が所定の閾値速度以上になったときに、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3を振動させる。移動速度が所定の閾値速度以上になることは、1つ目の所定の条件である。

【0128】

30

従って、駆動制御部240が出力する振幅データが表す振幅値は、移動速度が所定の閾値速度未満のときはゼロであり、移動速度が所定の閾値速度以上になると、移動速度に応じて所定の振幅値に設定される。移動速度が所定の閾値速度以上のときには、移動速度が高いほど振幅値は小さく設定され、移動速度が低いほど振幅値を大きく設定される。

【0129】

また、実施の形態の駆動制御装置300は、操作入力を行う指先の位置が、振動を発生させるべき所定の領域内にある場合に、振幅データを振幅変調器320に出力する。操作入力を行う指先の位置が、振動を発生させるべき所定の領域内にあることは、2つ目の所定条件である。

【0130】

40

操作入力を行う指先の位置が振動を発生させるべき所定の領域内にあるかどうかは、操作入力を行う指先の位置が、振動を発生させるべき所定の領域の内部にあるか否かに基づいて判定される。

【0131】

ここで、ディスプレイパネル160に表示するG.U.I操作部、画像を表示する領域、又は、ページ全体を表す領域等のディスプレイパネル160上における位置は、当該領域を表す領域データによって特定される。領域データは、すべてのアプリケーションにおいて、ディスプレイパネル160に表示されるすべてのG.U.I操作部、画像を表示する領域、又は、ページ全体を表す領域について存在する。

【0132】

50

このため、2つ目の所定条件として、操作入力を行う指先の位置が、振動を発生させるべき所定の領域内にあるかどうかを判定する際には、電子機器100が起動しているアプリケーションの種類が関係することになる。アプリケーションの種類により、ディスプレイパネル160の表示が異なるからである。

【0133】

また、アプリケーションの種類により、トップパネル120の表面に触れた指先を移動させる操作入力の種類が異なるからである。トップパネル120の表面に触れた指先を移動させる操作入力の種類としては、例えば、G U I 操作部を操作する際には、所謂フリック操作がある。フリック操作は、指先をトップパネル120の表面に沿って、はじく（スナップする）ように比較的短い距離移動させる操作である。

10

【0134】

また、ページを捲る場合には、例えば、スワイプ操作を行う。スワイプ操作は、指先をトップパネル120の表面に沿って掃くように比較的長い距離移動させる操作である。スワイプ操作は、ページを捲る場合の他に、例えば、写真を捲る場合に行われる。また、G U I 操作部によるスライダー（図1のスライダー102B参照）をスライドさせる場合には、スライダーをドラッグするドラッグ操作が行われる。

【0135】

ここで一例として挙げるフリック操作、スワイプ操作、及びドラッグ操作のように、トップパネル120の表面に触れた指先を移動させる操作入力は、アプリケーションによる表示の種類によって使い分けられる。このため、操作入力を行う指先の位置が、振動を発生させるべき所定の領域内にあるかどうかを判定する際には、電子機器100が起動しているアプリケーションの種類が関係することになる。

20

【0136】

駆動制御部240は、領域データを用いて、ドライバI C 151から入力される位置データが表す位置が、振動を発生させるべき所定の領域の内部にあるか否かを判定する。

【0137】

アプリケーションの種類を表すデータと、操作入力が行われるG U I 操作部等を表す領域データと、振動パターンを表すパターンデータとを関連付けた第2データは、メモリ250に格納されている。

【0138】

30

また、駆動制御部240は、ドライバI C 151から駆動制御装置300に位置データが入力されてから、当該位置データに基づいて駆動信号が算出されるまでの所要時間の間における指先の位置の変化分を補間するために、次の処理を行う。

【0139】

駆動制御装置300は、所定の制御周期毎に演算を行う。これは駆動制御部240も同様である。このため、ドライバI C 151から駆動制御装置300に位置データが入力されてから、当該位置データに基づいて駆動制御部240が駆動信号を算出するまでの所要時間を t とすると、所要時間 t は、制御周期に等しい。

【0140】

ここで、指先の移動速度は、ドライバI C 151から駆動制御装置300に入力される位置データが表す点 (x_1, y_1) を始点とし、所要時間 t が経過した後の指先の位置を終点 (x_2, y_2) とするベクトルの速度として求めることができる。

40

【0141】

駆動制御部240は、ドライバI C 151から駆動制御装置300に入力される位置データが表す点 (x_2, y_2) を始点とし、所要時間 t が経過した後の指先の位置を終点 (x_3, y_3) とするベクトルを求めることにより、所要時間 t 経過後の座標 (x_3, y_3) を推定する。

【0142】

実施の形態の電子機器100では、上述のようにして所要時間 t 経過後の座標を推定することにより、所要時間 t の間における指先の位置の変化分を補間する。

50

【 0 1 4 3 】

このような所要時間 t 経過後の座標を推定する演算は、駆動制御部 240 が行う。駆動制御部 240 は、推定座標が振動を発生させるべき所定の領域の内部にあるか否かを判定し、振動を発生させるべき所定の領域の内部にある場合に振動を発生させる。従って、2つ目の所定の条件は、推定座標が振動を発生させるべき所定の領域の内部にあることである。

【 0 1 4 4 】

以上より、駆動制御部 240 が振幅データを振幅変調器 320 に出力するために必要な2つの所定の条件は、指先の移動速度が所定の閾値速度以上であることと、推定座標が振動を発生させるべき所定の領域の内部にあることである。

10

【 0 1 4 5 】

駆動制御部 240 は、指先の移動速度が所定の閾値速度以上であり、推定座標が振動を発生させるべき所定の領域の内部にある場合に、移動速度に応じた振幅値を表す振幅データをメモリ 250 から読み出して、振幅変調器 320 に出力する。

【 0 1 4 6 】

メモリ 250 は、区分領域データを格納する。また、メモリ 250 は、振幅値を表す振幅データと移動速度との関係を表す第 1 データ、及び、アプリケーションの種類を表すデータと、操作入力が行われる GUI 操作部等を表す領域データと、振動パターンを表すパターンデータとを関連付けた第 2 データを格納する。

20

【 0 1 4 7 】

また、メモリ 250 は、アプリケーションプロセッサ 220 がアプリケーションの実行に必要とするデータ及びプログラム、及び、通信プロセッサ 230 が通信処理に必要とするデータ及びプログラム等を格納する。

【 0 1 4 8 】

正弦波発生器 310 は、トップパネル 120 を固有振動数で振動させるための駆動信号を生成するのに必要な正弦波を発生させる。例えば、トップパネル 120 を 33.5 [kHz] の固有振動数 f で振動させる場合は、正弦波の周波数は、33.5 [kHz] となる。正弦波発生器 310 は、超音波帯の正弦波信号を振幅変調器 320 に入力する。

【 0 1 4 9 】

振幅変調器 320 は、駆動制御部 240 から入力される振幅データを用いて、正弦波発生器 310 から入力される正弦波信号の振幅を変調して駆動信号を生成する。振幅変調器 320 は、正弦波発生器 310 から入力される超音波帯の正弦波信号の振幅のみを変調し、周波数及び位相は変調せずに、駆動信号を生成する。

30

【 0 1 5 0 】

このため、振幅変調器 320 が出力する駆動信号は、正弦波発生器 310 から入力される超音波帯の正弦波信号の振幅のみを変調した超音波帯の正弦波信号である。なお、振幅データがゼロの場合は、駆動信号の振幅はゼロになる。これは、振幅変調器 320 が駆動信号を出力しないことと等しい。

【 0 1 5 1 】

次に、図 11 及び図 12 を用いて、駆動制御部 240 の第 2 駆動制御で用いる第 1 データ及び第 2 データと、第 2 駆動制御の内容について説明する。なお、第 1 データ及び第 2 データは、メモリ 250 に格納される。

40

【 0 1 5 2 】

図 11 は、メモリ 250 に格納される区分領域データ、第 1 データ、及び第 2 データを示す図である。

【 0 1 5 3 】

図 11 の (A) に示すように、区分領域データは、区分領域 1 ~ 9 の識別子(1~9)と、区分領域 1 ~ 9 の領域を表す座標データ $f_1 \sim f_9$ と、各区分領域で駆動する振動素子の識別子（振動素子 ID）をそれぞれ関連付けたデータである。座標データ $f_1 \sim f_9$ は、それぞれ、図 8 に示す区分領域 1 ~ 9 の座標を表す。

50

【0154】

図11の(B)に示すように、第1データは、振幅値を表す振幅データと、移動速度とを関連付けたデータである。図11の(B)に示す第1データによれば、移動速度Vが0以上b1未満(0 < V < b1)のときは振幅値を0に設定し、移動速度Vがb1以上b2未満(b1 < V < b2)のときは振幅値をA1に設定し、移動速度Vがb2以上b3未満(b2 < V < b3)のときは、振幅値をA2に設定することになる。

【0155】

また、図11の(C)に示すように、第2データは、アプリケーションの種類を表すデータと、操作入力が行われるG.U.I操作部等が表示される領域の座標値を表す領域データと、振動パターンを表すパターンデータとを関連付けたデータである。

10

【0156】

図11の(C)では、アプリケーションの種類を表すデータとして、アプリケーションID(Identification)を示す。また、領域データとして、操作入力が行われるG.U.I操作部等が表示される領域の座標値を表す式f11~f14を示す。また、振動パターンを表すパターンデータとして、P1~P4を示す。

【0157】

なお、第2データに含まれるアプリケーションIDで表されるアプリケーションは、スマートフォン端末機、又は、タブレット型コンピュータで利用可能なあらゆるアプリケーションを含み、電子メールの編集モードも含む。

【0158】

次に、図12を用いて、実施の形態の電子機器100の駆動制御装置300の駆動制御部240が実行する処理について説明する。図12に示すフローは、図10に示すステップS3の処理の詳細を示すものである。

20

【0159】

図12は、実施の形態の電子機器100の駆動制御装置300の駆動制御部240が実行する処理を示すフローチャートである。

【0160】

ここで、ドライバIC151から駆動制御装置300に位置データが入力されてから、当該位置データに基づいて駆動制御部240が駆動信号を算出するまでの所要時間をtとすると、所要時間tは、制御周期に略等しい。

30

【0161】

制御周期の1周期の時間は、ドライバIC151から駆動制御装置300に位置データが入力されてから、当該位置データに基づいて駆動信号が算出されるまでの所要時間tに相当するものとして取り扱うことができる。

【0162】

図12に示すステップS31~S37の処理は、図10に示すステップS3で行われる処理である。駆動制御部240は、図10に示すステップS2の処理が終了すると、図12に示すステップS31の処理を開始する。

【0163】

駆動制御部240は、現在の位置データが表す座標と、現在のアプリケーションの種類とに応じて、現在操作入力が行われているG.U.I操作部について、振動パターンと関連付けられた領域データを取得する(ステップS31)。

40

【0164】

駆動制御部240は、移動速度が所定の閾値速度以上であるか否かを判定する(ステップS32)。移動速度は、ベクトル演算によって算出すればよい。なお、閾値速度は、所謂フリック操作、スワイプ操作、又はドラッグ操作等のように指先を移動させながら操作入力をを行う際ににおける指先の移動速度の最低速度として設定すればよい。このような最低速度は、実験結果に基づいて設定してもよく、タッチパネル150の分解能等に応じて設定してもよい。

【0165】

50

駆動制御部 240 は、ステップ S32 で移動速度が所定の閾値速度以上であると判定した場合は、現在の位置データが表す座標と、移動速度とに基づき、 t 時間後の推定座標を演算する（ステップ S33）。

【0166】

駆動制御部 240 は、 t 時間後の推定座標が、ステップ S31 で求めた領域データが表す領域 S_t の中になるか否かを判定する（ステップ S34）。

【0167】

駆動制御部 240 は、 t 時間後の推定座標が、ステップ S31 で求めた領域データが表す領域 S_t の中にあると判定する場合は、ステップ S32 で求めた移動速度に対応する振幅値を表す振幅データを第 1 データから求める（ステップ S35）。 10

【0168】

駆動制御部 240 は、振幅データ出力する（ステップ S36）。これにより、振幅変調器 320 において、正弦波発生器 310 から出力される正弦波の振幅が変調されることによって駆動信号が生成され、振動素子 140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3 が駆動される。駆動制御部 240 は、ステップ S36 の処理を終了すると、図 10 に示すステップ S4 にフロー進める。

【0169】

一方、ステップ S32 で移動速度が所定の閾値速度以上ではないと判定した場合（S32：NO）と、ステップ S34 で t 時間後の推定座標が、ステップ S31 で求めた領域データが表す領域 S_t の中にならないと判定した場合は、駆動制御部 240 は、振幅値をゼロに設定する（ステップ S37）。 20

【0170】

この結果、駆動制御部 240 は、振幅値がゼロの振幅データが出力され、振幅変調器 320 において、正弦波発生器 310 から出力される正弦波の振幅がゼロに変調された駆動信号が生成される。このため、この場合は、振動素子 140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3 は駆動されない。

【0171】

なお、ここでは、図 10 に示すフローチャートのステップ S3 の内容が図 12 に示すフローチャートのステップ S31～S37 である形態について説明した。しかしながら、図 10 に示すフローチャートのステップ S3 は、図 12 に示すステップ S31～S37 の処理を行う代わりに、トップパネル 120 の超音波帯の固有振動を発生させる駆動信号を用いて駆動素子 140 を駆動する処理であってもよい。 30

【0172】

次に、図 13 乃至図 18 を用いて、実施の形態の電子機器 100 の動作例について説明する。

【0173】

図 13 乃至図 18 は、実施の形態の電子機器 100 の動作例を示す図である。図 13 乃至図 18 では、図 2 乃至図 4 と同様の X Y Z 座標を定義する。

【0174】

図 13 は、トップパネル 120、タッチパネル 150、及びディスプレイパネル 160 を平面的に示す図であり、電子機器 100 の利用者は、グレーで示すページ 1 に指先で触れて、左方向にスワイプ操作を行うことにより、白く示すページ 2 を開こうとしている。すなわち、電子機器 100 の表示は、ページ 1 からページ 2 に遷移しようとしている。 40

【0175】

このように、ページを捲る動作が行われる動作モードでは、駆動制御部 240 は、操作入力がスワイプ操作であるかどうかを判定する。例えば、駆動制御部 240 は、利用者の指先が最初にトップパネル 120 に触れた位置から X 軸方向に $\pm d\text{ mm}$ 以上動いたらスワイプ操作が行われていると判定し、斜線で示す領域の内部に指先が入ったときにトップパネル 120 に振動が発生する。斜線で示す領域は、領域 S_t である。

【0176】

ここで、図14を用いて、図13に示すように操作入力が行われた場合に、駆動制御部240が outputする振幅データに基づいて振幅変調器320から出力される駆動信号によってトップパネル120に生じる振動について説明する。図14において、横軸は時間軸を表し、縦軸は振幅データの振幅値を表す。また、ここでは、利用者がスワイプ操作を行う際の指先の移動速度は略一定であることとする。

【0177】

トップパネル120の位置C1に触れた指先を、時刻t1において利用者が左方向に移動し始めたとする。そして、位置C1から距離dmmだけ移動させた時刻t2において、駆動制御部240は、利用者の入力操作がスワイプ操作であると判定し、スワイプ用の振動パターンによる駆動を行う。スワイプ操作の判定に用いる操作距離dmmは、時刻t1～t2の間の指先の移動距離に相当する。また、時刻t2では、ページの遷移が開始する。

【0178】

スワイプ用の振動パターンは、振幅がA11であり、スワイプ操作が行われている間は、振動が連続する駆動パターンである。

【0179】

時刻t3で利用者が指先をトップパネル120から離してスワイプ操作を終えると、駆動制御部240は、振幅値をゼロに設定する。このため、時刻t3の直後に振幅がゼロになる。また、時刻t3の後の時刻t4においてページの遷移が完了する。

【0180】

このように、利用者がページを捲るためにスワイプ操作を行った場合には、駆動制御部240は、一例として、振幅が一定値(A11)の振幅データを出力する。このため、利用者がスワイプ操作を行っている間は、利用者の指先に掛かる動摩擦力は低下し、利用者に指先が滑る感覚を提供することができ、利用者はスワイプ操作が電子機器100に受け付けられていることを指先で感知することができる。

【0181】

また、次に、図15及び図16を用いて、所謂フリック操作による操作入力が行われる場合の駆動制御部240の動作について説明する。

【0182】

図15には、電子メールを編集する動作モードにおいて、利用者の指先が位置C11にあるアルファベットの"j"を触れた状態から"l"を選択するために、矢印で示すように上向きのフリック操作を行った状態を示す。図15では、"A, B, C, 2 or #"の入力を行うためのG U I操作部のY軸正方向側に、"j, k, l, 5 or &"のいずれを選択したかを示す円形のサブ表示領域165が表示されている。サブ表示領域165では、フリック操作によって選択された"l"がハイライトされている。

【0183】

このように、電子メールを編集する動作モードでは、利用者のフリック操作によって文字の入力が行われるため、駆動制御部240は、操作入力がフリック操作であるかどうかを判定する。そして、電子メールを編集する動作モードでは、次のようにトップパネル120の振動が行われる。

【0184】

図16に示すように、利用者がアルファベットの"j"の上の位置C11に時刻t11において触れた指先を、時刻t12においてY軸正方向に移動し始めたとする。そして、位置C11から指先を移動させたことを判定した直後に振動が始まり、利用者に指先が滑る感覚を提供する。これにより、利用者は、アルファベットの"j"の上で指先を移動させている操作入力が電子機器100に受け付けられていることを指先で感知することができる。このとき、トップパネル120には固有振動が生じているため、利用者の指先は滑りやすくなっている、フリック動作を行いやすい状態になる。

【0185】

そして、時刻t13において、フリック操作により選択文字が"l"に遷移するとG U I

10

20

30

40

50

操作部の表示も "I" がハイライトされた状態に更新され、それに伴い領域 S_t を更新し、所定の領域外に指が位置いていると判定して振幅をゼロにする。

【0186】

このため、時刻 t₁₄ ではトップパネル 120 の振幅がゼロになり、利用者の指先に掛かる動摩擦力が大きくなり、利用者に指先が引っ掛かる感覚を提供する。このように、動摩擦力が大きくなることにより、利用者は指先が突起に触れたように感じる。

【0187】

これにより、利用者は、アルファベットの "1" を選択する操作入力が電子機器 100 に受け付けられたことを指先で感知することができる。

【0188】

なお、ここでは、図 15 及び図 16 を用いて、G U I 操作部としての "j, k, l, 5 or &" の入力を行うための G U I 操作部を操作する場合について説明したが、例えば、図 1 に示すスライダー 102B の G U I 操作部を左右に動かす場合には、所定の移動量毎に振動を発生させればよい。また、スライダー 102B の G U I 操作部の操作を利用者に知覚させるために、任意の振動パターンでトップパネル 120 を振動させてもよい。

【0189】

また、次に、図 17 及び図 18 を用いて、計算機のアプリケーションを実行している動作モードにおいて、操作入力が行われる場合の駆動制御部 240 の動作について説明する。

【0190】

図 17 に示すように、計算機のアプリケーションを実行している動作モードにおいて、利用者の指先が数字の '6'、に触れた状態から、指先を左方向に移動させることにより、数字の '5'、'4' の順番になぞる移動操作入力が行われた場合には、次のようにトップパネル 120 の振動が行われる。このような移動操作入力は、フリック操作、スワイプ操作、又はドラッグ操作とは異なり、複数の G U I 操作部が並べられて表示されている状態で、指先が複数の G U I 操作部を跨いで移動しながら行う操作入力である。

【0191】

この場合に、図 18 に示すように、利用者が数字の '6' の上の位置 C₂₁ (図 17 参照) に触れた指先を、時刻 t₂₁ において移動し始めたとする。そして、位置 C₂₁ から少し指先を移動させて、指先の位置が数字の '6' の領域から外に出て数字の '5' に入る時刻 t₂₂ に短時間で振幅の大きな振動 B₁₁ が生じる。

【0192】

この振動 B₁₁ は、指先の位置が数字の '6' の領域から外に出ることによって生成されるものであり、利用者の指先を知覚されないほど短時間の低摩擦状態から、瞬時に高摩擦状態にすることにより、利用者に指先が突起に触れた触感を提供する。

【0193】

また、指先が数字の '5' の内部をさらに左方向に移動すると、時刻 t₂₃ から短時間で振幅の小さな振動 B₁₂ が一定の時間間隔で発生する。これは、数字の '5' はテンキーの中心に位置していることから、トップパネル 120 を目視しなくても利用者が指先の感覚だけで、数字の '5' を触れていることを感知できるようにするために発生させる振動である。

【0194】

そして、時刻 t₂₄ において、指先が数字の '5' の領域から出て '4' の領域に入ると、短時間で振幅の大きな振動 B₁₃ を発生させる。これは、振動 B₁₁ と同様の振動であり、利用者の指先を知覚されないほど短時間の低摩擦状態から、瞬時に高摩擦状態にして、利用者に指先が突起に触れた触感を提供することにより、指先が数字の '5' の領域から '4' の領域に入ったことを触感で感知させるためである。

【0195】

これにより、利用者は、数字の '6'、'5'、'4' を順番になぞったことを感知することができる。

10

20

30

40

50

【0196】

以上、実施の形態の電子機器100によれば、トップパネル120の超音波帯の固有振動を発生させて利用者の指先に掛かる動摩擦力を変化させてるので、利用者に良好な触感を提供することができる。

【0197】

また、第1駆動制御により、操作入力の位置に応じて振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3のうちの少なくともいずれか1つを選択して駆動するので、消費電力を低減できる。

【0198】

また、実施の形態の電子機器100は、正弦波発生器310で発生される超音波帯の正弦波の振幅のみを振幅変調器320で変調することによって駆動信号を生成している。正弦波発生器310で発生される超音波帯の正弦波の周波数は、トップパネル120の固有振動数に等しく、また、この固有振動数は振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3を加味して設定している。10

【0199】

すなわち、正弦波発生器310で発生される超音波帯の正弦波の周波数又は位相を変調することなく、振幅のみを振幅変調器320で変調することによって駆動信号を生成している。

【0200】

従って、トップパネル120の超音波帯の固有振動をトップパネル120に発生させることができ、スカイーズ効果による空気層の介在を利用して、指でトップパネル120の表面をなぞったときの動摩擦係数を確実に低下させることができる。また、Sticky-band Illusion効果、又は、Fishbone Tactile Illusion効果により、トップパネル120の表面に凹凸が存在するような良好な触感を利用者に提供することができる。20

【0201】

また、制御周期の1周期の時間に相当する所要時間 t が経過した後の座標を推定して得る推定座標が振動を発生させるべき所定の領域の内部にある場合に振動を発生させるので、実際に指先が所定のGUIT操作部等に触れている間に振動を発生させることができる。

【0202】

なお、制御周期の1周期の時間に相当する所要時間 t 分の遅れが問題にならない場合は、推定座標の演算を行わなくてもよい。30

【0203】

また、以上では、トップパネル120に凹凸が存在するような触感を利用者に提供するために、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3のオン／オフを切り替える形態について説明した。振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3をオフにするとは、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3を駆動する駆動信号が表す振幅値をゼロにすることである。

【0204】

しかしながら、このような触感を提供するために、必ずしも振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3をオンからオフにする必要はない。例えば、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3のオフの状態の代わりに、振幅を小さくして振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3を駆動する状態を用いてよい。例えば、振幅を1/5程度に小さくすることにより、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3をオンからオフにする場合と同様に、トップパネル120に凹凸が存在するような触感を利用者に提供してもよい。

【0205】

この場合は、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B240

50

、140B3の振動の強弱を切り替えるような駆動信号で振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3を駆動することになる。この結果、トップパネル120に発生する固有振動の強弱が切り替えられ、利用者の指先に凹凸が存在するような触感を提供することができる。

【0206】

振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3の振動の強弱を切り替えるために、振動を弱くする際に振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3をオフにすると、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3のオン／オフを切り替えることになる。振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3のオン／オフを切り替えることは、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3を断続的に駆動することである。
10

【0207】

以上、実施の形態によれば、良好な触感を提供できる駆動制御装置300、電子機器100、及び駆動制御方法を提供することができる。

【0208】

なお、以上では、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3を図8に示すように配置する形態について説明したが、図19に示すように配置してもよい。

【0209】

図19は、実施の形態の変形例による振動素子の配置を示す図である。
20

【0210】

図19の(A)に示すように、トップパネル120の長辺に沿って、振動素子140C1、140C2、140C3、140C4、140C5、140D1、140D2、140D3、140D4、140D5を配置してもよい。図19の(A)に示すように操作入力が行われた場合は、例えば、振動素子140C3と140D3を駆動すればよい。

【0211】

なお、図19の(A)に示すように、長辺に沿って、振動素子140C1～140C5、140D1～140D5を配置する場合は、短辺方向に向かい合うことになる。このため、図8に示すように、振動素子140A1～140A3と140C1～140C3とが長辺方向に向かい合う場合よりも、向かい合う方向における距離が短くなる。従って、図8に示す配置よりも定在波を発生させ易くなる。
30

【0212】

また、図19の(B)に示すように、振動素子140A1、140A2、140A3、140B1、140B2、140B3に加えて、振動素子140C1、140C2、140C3、140C4、140C5、140D1、140D2、140D3、140D4、140D5を配置してもよい。図19の(B)に示すように操作入力が行われた場合は、例えば、振動素子140A2、140B2、140C3、140D3を駆動すればよい。

【0213】

また、図19の(C)に示すように、振動素子140C1、140C2、140C3、140C4、140C5、140D1、140D2、140D3、140D4、140D5に加えて、振動素子140E1、140E2、140E3、140E4、140E5を配置してもよい。
40

【0214】

振動素子140E1、140E2、140E3、140E4、140E5は、トップパネル120の短辺の中点を通る長辺に平行な中心軸に沿って配設されている。図19の(C)に示すように操作入力が行われた場合は、例えば、振動素子140C3、140E3を駆動すればよい。

【0215】

図20は、実施の形態の変形例の電子機器100Aを示す図である。電子機器100A
50

は、ノートブック型の P C (Personal Computer: パーソナルコンピュータ) である。

【 0 2 1 6 】

P C 1 0 0 A は、ディスプレイパネル 1 6 0 A とタッチパッド 1 6 0 B を含む。タッチパッド 1 6 0 B の表面に超音波帯の固有振動が生じるようにタッチパッド 1 6 0 B の裏面に振動素子 1 4 0 を設けておけば、図 1 に示す電子機器 1 0 0 と同様に、タッチパッド 1 6 0 B への操作入力の移動量に応じて、利用者の指先に触感を通じて操作感を提供することができる。

【 0 2 1 7 】

また、ディスプレイパネル 1 6 0 A の裏面に振動素子 1 4 0 を設けておけば、図 1 に示す電子機器 1 0 0 と同様に、ディスプレイパネル 1 6 0 A への操作入力の移動量に応じて、利用者の指先に触感を通じて操作感を提供することができる。

10

【 0 2 1 8 】

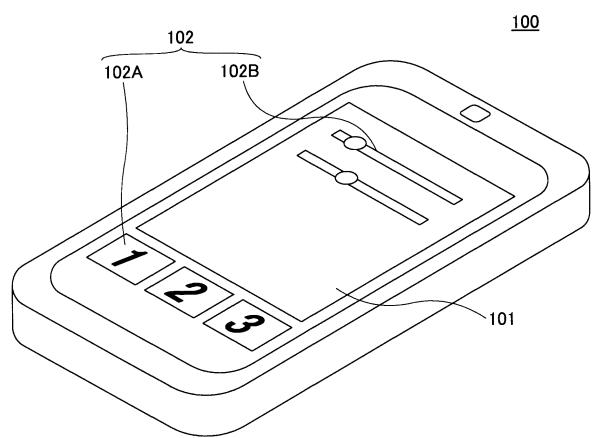
以上、本発明の例示的な実施の形態の電子機器及び駆動制御方法について説明したが、本発明は、具体的に開示された実施の形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲から逸脱することなく、種々の変形や変更が可能である。

【 符号の説明 】

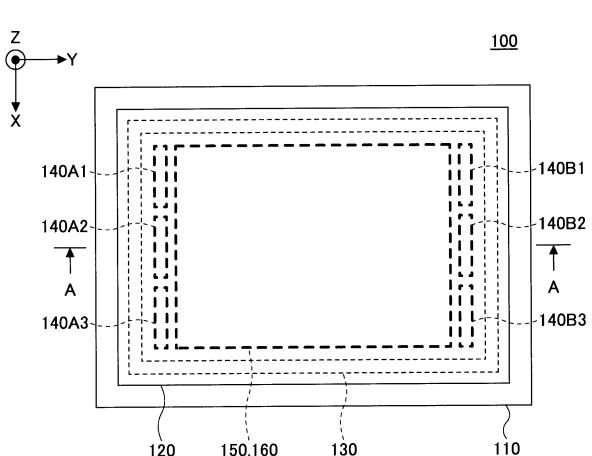
【 0 2 1 9 】

1 0 0	電子機器	
1 1 0	筐体	
1 2 0	トップパネル	20
1 3 0	両面テープ	
1 4 0 A 1、1 4 0 A 2、1 4 0 A 3、1 4 0 B 1、1 4 0 B 2、1 4 0 B 3	振動素子	
1 5 0	タッチパネル	
1 6 0	ディスプレイパネル	
1 7 0	基板	
2 0 0	制御部	
2 2 0	アプリケーションプロセッサ	
2 3 0	通信プロセッサ	
2 4 0	駆動制御部	30
2 5 0	メモリ	
3 0 0	駆動制御装置	
3 1 0	正弦波発生器	
3 2 0	振幅変調器	

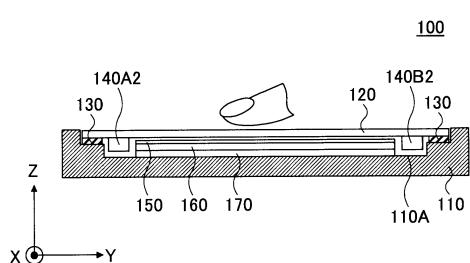
【図1】



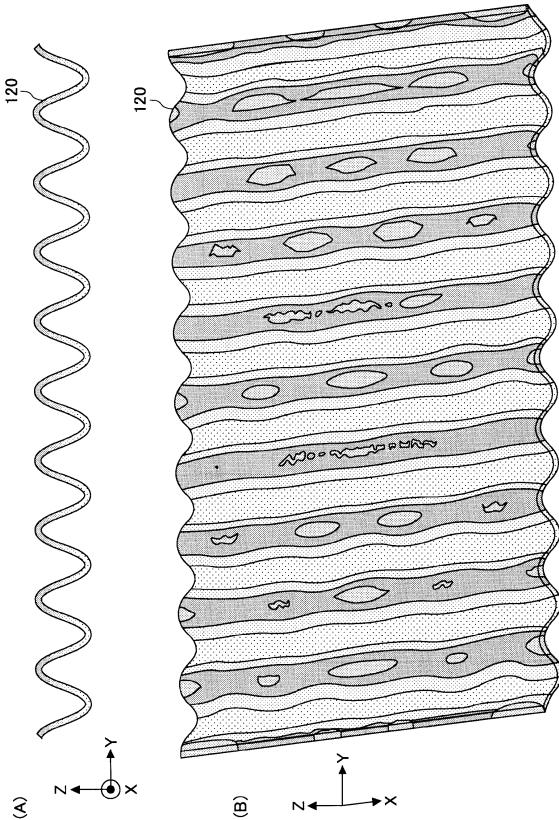
【図2】



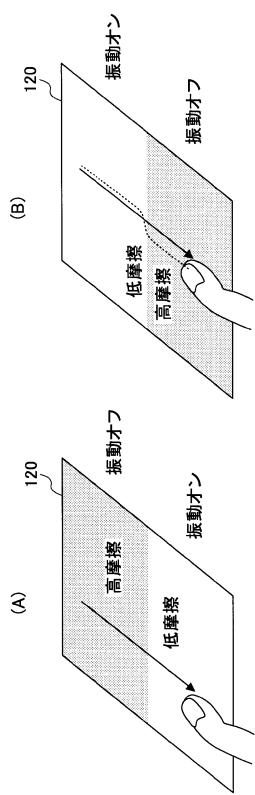
【図3】



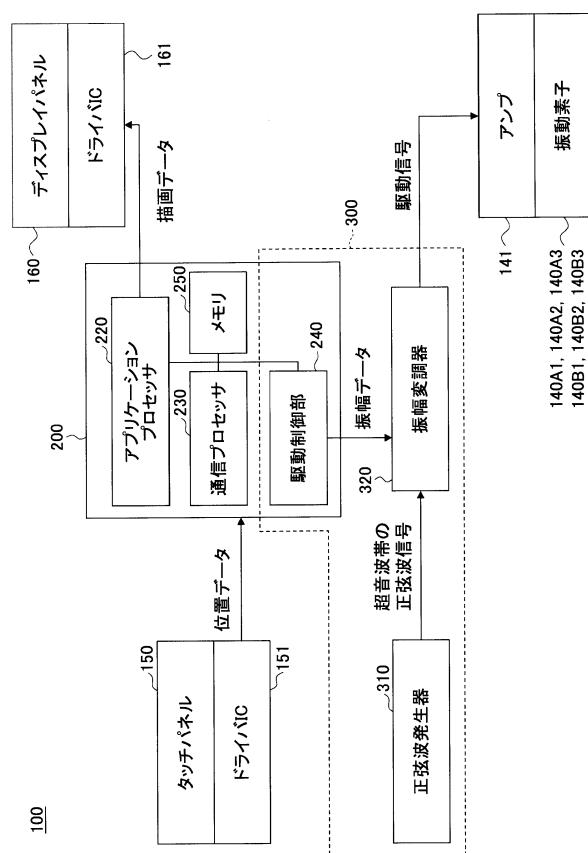
【図4】



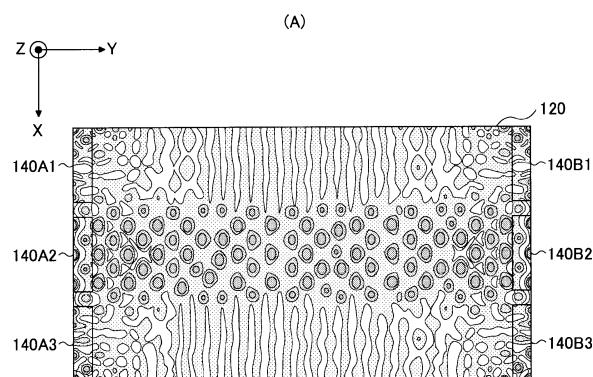
【図5】



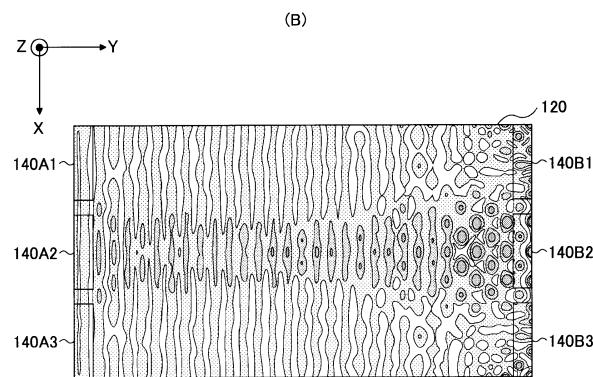
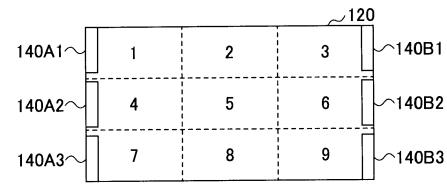
【図6】



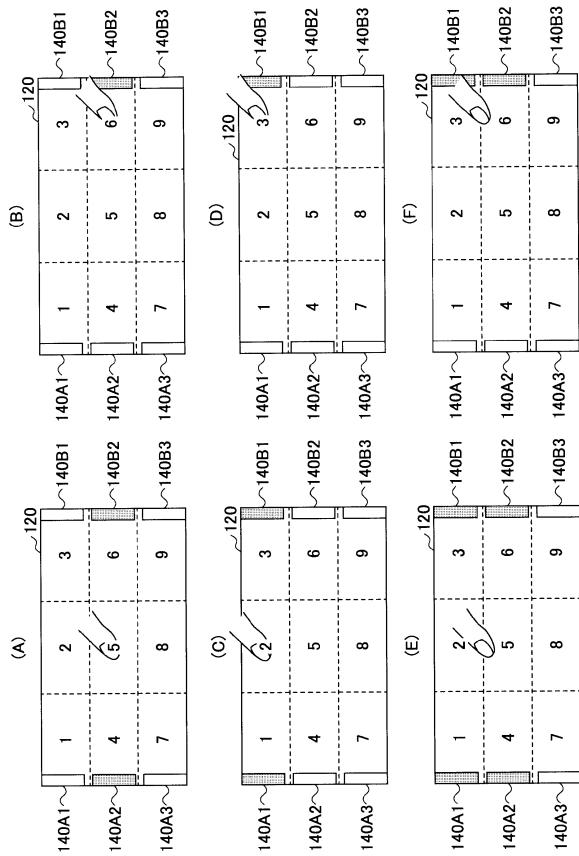
【図7】



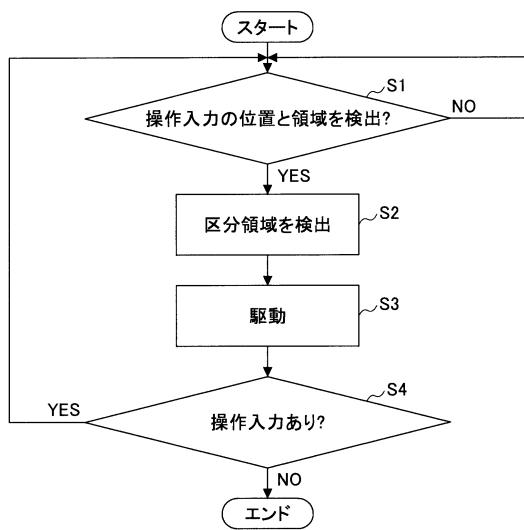
【図8】



【図9】



【図10】



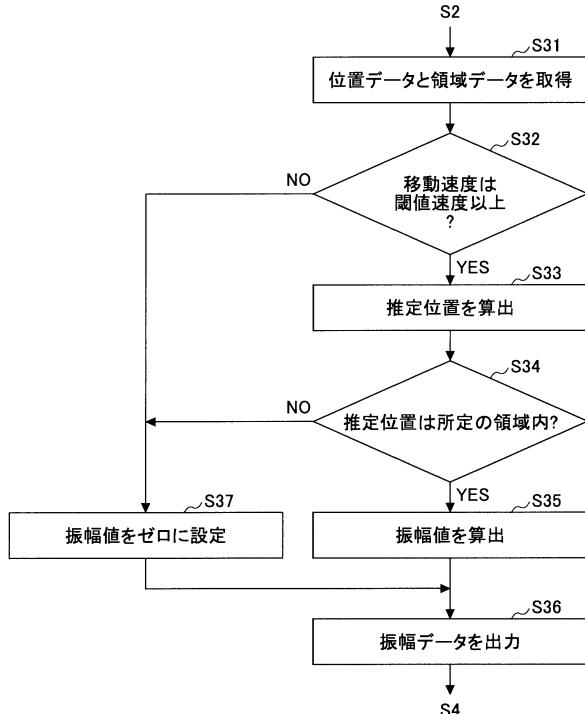
【図11】

区分領域	座標データ	駆動素子
1	f1=(X,Y)	140A1
2	f2=(X,Y)	140A1, 140B1
3	f3=(X,Y)	140B1
4	f4=(X,Y)	140A2
5	f5=(X,Y)	140A2, 140B2
6	f6=(X,Y)	140B2
7	f7=(X,Y)	140A3
8	f8=(X,Y)	140A3, 140B3
9	f9=(X,Y)	140A3

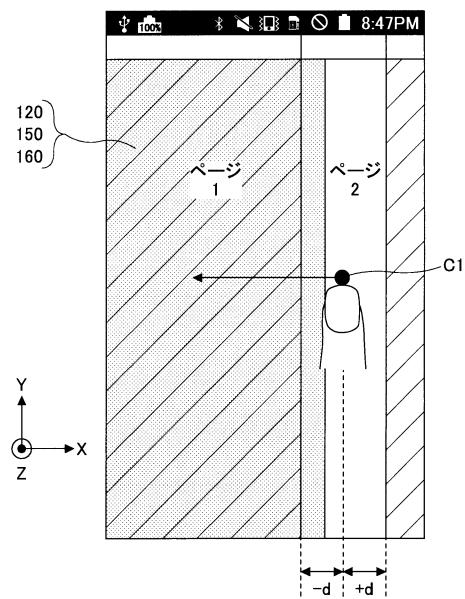
移動速度	振幅値
0≤V<b1	0
b1≤V<b2	A1
b2≤V<b3	A2

アプリケーションID	領域データ	振動パターン
1	f11=(X,Y)	P1
1	f12=(X,Y)	P2
1	f13=(X,Y)	P3
1	f14=(X,Y)	P4

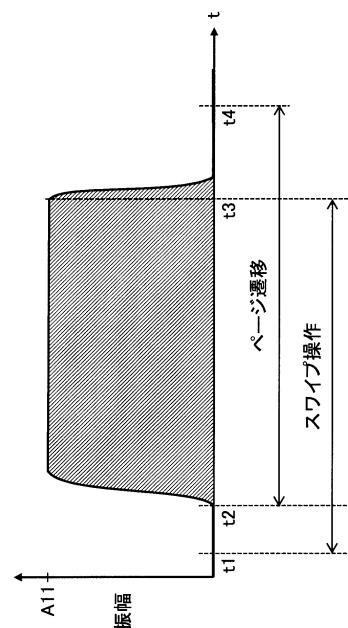
【図12】



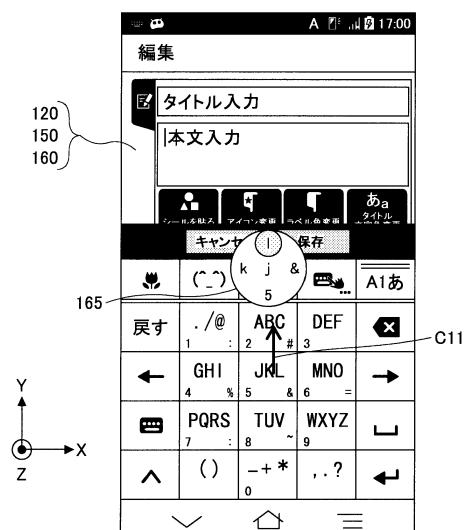
【図13】



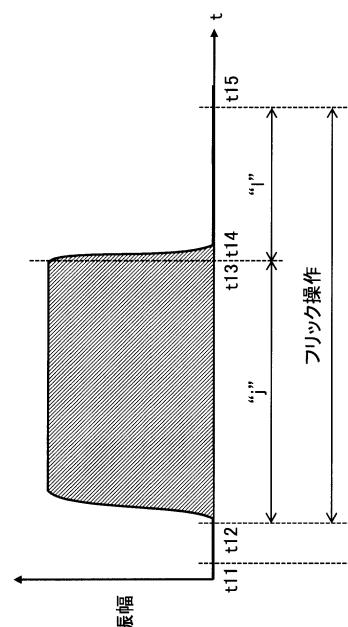
【図14】



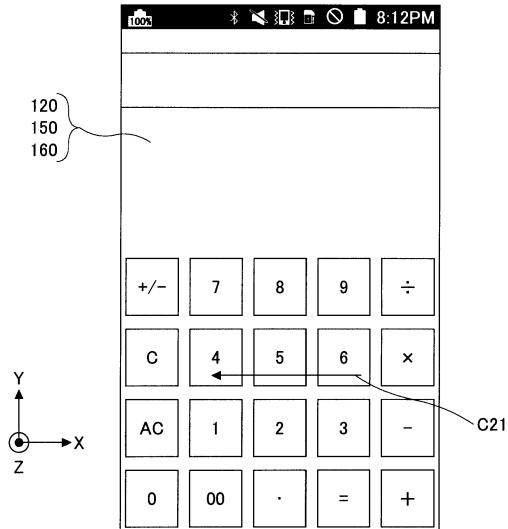
【図15】



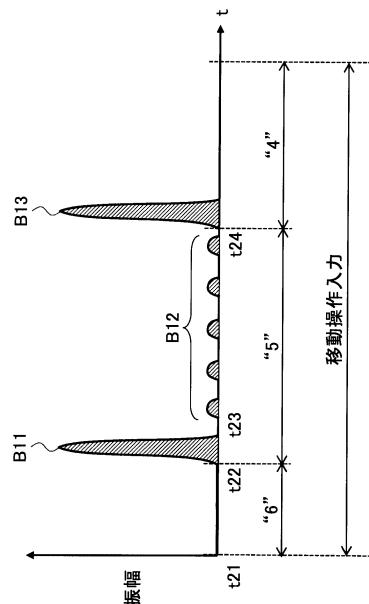
【図16】



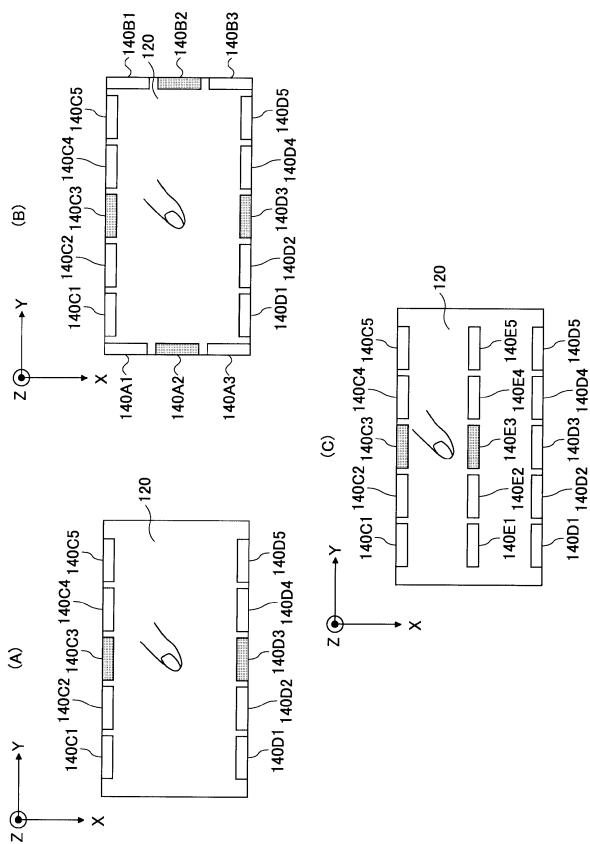
【図17】



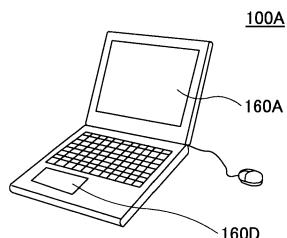
【図18】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

(72)発明者 鎌田 裕一

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

(72)発明者 宮本 晶規

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

(72)発明者 遠藤 康浩

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

審査官 高 橋 徳浩

(56)参考文献 特開2005-258666(JP,A)

特開2012-226480(JP,A)

特開2012-243189(JP,A)

特表2008-516348(JP,A)

特開2005-085048(JP,A)

特開2014-002602(JP,A)

特表2011-519082(JP,A)

国際公開第2013/161163(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06F 3 / 01

G06F 3 / 03 - G06F 3 / 0489