

明 細 書

発明の名称：駆動制御装置、電子機器、及び駆動制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、駆動制御装置、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。

[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] 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駆動制御装置、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駆動制御装置は、ディスプレイパネルと、前記ディスプレイパネルの表示面側に配設されるタッチパネルと、前記タッチパネルに操作入力を行う操作面に振動を発生させる第1振動素子とを含む電子機器の前記第1振動素子を駆動する駆動制御装置であって、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振動素子を駆動する駆動制御部であって、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振動素子を駆動する駆動制御部を含む。

発明の効果

[0009] 良好な触感を提供できる駆動制御装置、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。
[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]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8]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。
[図9]実施の形態の電子機器100の動作例を示す図である。
[図10]実施の形態の電子機器100の動作例を示す図である。

[図11]実施の形態の電子機器 100 の動作例を示す図である。

[図12]実施の形態の電子機器 100 の動作例を示す図である。

[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。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明の駆動制御装置、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、A T M (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] 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 G U I (Graphic User Interface) による様々なボタン 102 A、又は、スライダー 102 B 等（以下、G U I 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、G U I 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] 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 X Y Z 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 140、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 110 A 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 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チックで作製される。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 140 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。

[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 140 が接着された状態で、振動素子 140 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 140 が接着されているため、実際には、振動素子 140 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。

[0024] 振動素子 140 は、トップパネル 120 の Z 軸負方向側の面において、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接着されている。振動素子 140 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、 piezo 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。

[0025] 振動素子 140 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 140 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 140 のオン／オフは駆動信号

によって制御される。

[0026] なお、超音波帯とは、例えば、約20kHz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ため、振動素子140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。

[0027] 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。

[0028] 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。

[0029] 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。

[0030] 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。

[0031] 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。

[0032] 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 (Electroluminescence) 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。

[0033] 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。

[0034] 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 110 に固定されている。

[0035] 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。

[0036] 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 140 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 140 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。

[0037] 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。

[0038] 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。

[0039] 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140を省略する。

[0040] 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。

[0041] [数1]

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

[0042] [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。

[0043] 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

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 140 mm、短辺の長さ l が 80 mm、厚さ t が 0.7 mm 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 3.5 [kHz] となる。この場合は、周波数が 3.5 [kHz] の駆動信号を用いればよい。

[0044] トップパネル 120 は、平板状の部材であるが、振動素子 140 (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。

[0045] なお、ここでは、1 つの振動素子 140 がトップパネル 120 の Z 軸負方向側の面において、X 軸方向に伸延する短辺に沿って接着される形態について説明するが、振動素子 140 を 2 つ用いてもよい。2 つの振動素子 140 を用いる場合は、もう 1 つの振動素子 140 をトップパネル 120 の Z 軸負方向側の面において、Y 軸負方向側において、X 軸方向に伸延する短辺に沿って接着すればよい。この場合に、2 つの振動素子 140 は、トップパネル 120 の 2 つの短辺に平行な中心線を対称軸として、軸対称になるように配設すればよい。

[0046] また、2 つの振動素子 140 を駆動する場合は、周期数 k が整数の場合は同一位相で駆動すればよく、周期数 k が奇数の場合は逆位相で駆動すればよい。

[0047] 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。

[0048] 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行っている。なお、振動のオン/オフは、振動素子 140 (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。

[0049] 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。

[0050] 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。

[0051] 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。

[0052] 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。

[0053] 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。

[0054] 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。

[0055] 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。

[0056] 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知し、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。

[0057] 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。

[0058] 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知し、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。

[0059] 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。このように人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。

[0060] 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たが、これは、振動素子140の振幅(強度)を変化させた場合も同様である。

[0061] 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。

[0062] 図6は、実施の形態の電子機器100の構成を示す図である。

[0063] 電子機器100は、振動素子140、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。

[0064] 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。

[0065] 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。

[0066] 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。

[0067] アンプ１４１は、駆動制御装置３００と振動素子１４０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１４０を駆動する。

[0068] 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。

[0069] 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。

[0070] 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。

[0071] 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。

[0072] 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 140 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な変化度合に応じて設定される。ここで、位置データの時間的な変化度合としては、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 IC 151 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。

[0073] 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。

[0074] 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。

[0075] 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。

[0076] [数3]

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

ここで、 A_0 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 A_0 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。

[0077] 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させ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 140 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。

[0078] 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。

[0079] 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。

[0080] 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。

[0081] ここで、ディスプレイパネル 160 に表示する GUI 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 GUI 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。

[0082] 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。

[0083] 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、GUI 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。

[0084] 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、GUI 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。

[0085] 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。

[0086] 駆動制御部 240 は、領域データを用いて、ドライバ IC 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。

[0087] 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 データは、メモリ 250 に格納されている。

[0088] また、駆動制御部 240 は、ドライバ IC 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。

- [0089] 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 IC 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 Δt とすると、所要時間 Δt は、制御周期に等しい。
- [0090] ここで、指先の移動速度は、ドライバ IC 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 Δt 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。
- [0091] 駆動制御部 240 は、ドライバ IC 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 Δt 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 Δt 経過後の座標 (x_3 , y_3) を推定する。
- [0092] 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 Δt 経過後の座標を推定することにより、所要時間 Δt の間における指先の位置の変化分を補間する。
- [0093] このような所要時間 Δt 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。
- [0094] 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。
- [0095] 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。

[0096] 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。

[0097] 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。

[0098] 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。

[0099] 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。

[0100] 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。

[0101] 次に、図7を用いて、メモリ250に格納される第1データ、及び、第2データについて説明する。

[0102] 図7は、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。

[0103] 図7の(A)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7の(A)に示す第1データによれば、移動速度 V が0以上 b_1 未満($0 \leq V < b_1$)のときは振幅値を0に設定し、移動速度 V が b_1 以上 b_2 未満($b_1 \leq V < b_2$)のときは振幅値を A_1 に設定し、移動速度 V が b_2 以上 b_3 未満($b_2 \leq V < b_3$)のときは、振幅値を A_2 に設定することになる。

[0104] また、図7の(B)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GUI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。

[0105] 図7の(B)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GUI操作部等が表示される領域の座標値を表す式 $f1 \sim f4$ を示す。また、振動パターンを表すパターンデータとして、 $P_1 \sim P_4$ を示す。

[0106] 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。

[0107] 次に、図8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。

[0108] 図8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。

[0109] 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8に示すフローを所定の制御周期毎に繰り返し実行する。

[0110] 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 Δt とすると、所要時間 Δt は、制御周期に略等しい

- 。
- [0111] 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 Δt に相当するものとして取り扱うことができる。
- [0112] 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。
- [0113] 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GUI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S1）。
- 。
- [0114] 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S2）。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行う際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。
- [0115] 駆動制御部240は、ステップS2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、 Δt 時間後の推定座標を演算する（ステップS3）。
- [0116] 駆動制御部240は、 Δt 時間後の推定座標が、ステップS1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S4）。
- [0117] 駆動制御部240は、 Δt 時間後の推定座標が、ステップS1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S2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S5）。
- [0118] 駆動制御部240は、振幅データ出力する（ステップS6）。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 140 が駆動される。

[0119] 一方、ステップ S 2 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 (S 2 : NO) と、ステップ S 4 で Δt 時間後の推定座標が、ステップ S 1 で求めた領域データが表す領域 S t の中にあると判定した場合は、駆動制御部 240 は、振幅値をゼロに設定する (ステップ S 7)。

[0120] 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 140 は駆動されない。

[0121] 次に、図 9 乃至図 14 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。

[0122] 図 9 乃至図 14 は、実施の形態の電子機器 100 の動作例を示す図である。図 9 乃至図 14 では、図 2 乃至図 4 と同様の X Y Z 座標を定義する。

[0123] 図 9 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。

[0124] 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、操作入力の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 $\pm d$ 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。

[0125] ここで、図 10 を用いて、図 9 に示すように操作入力が行われた場合に、駆動制御部 240 が出力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 10 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。

[0126] トップパネル 120 の位置 C1 に触れた指先を、時刻 t_1 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 $d\text{ mm}$ だけ移動させた時刻 t_2 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 $d\text{ mm}$ は、時刻 $t_1 \sim t_2$ の間の指先の移動距離に相当する。また、時刻 t_2 では、ページの遷移が開始する。

[0127] スワイプ用の振動パターンは、振幅が A_{11} 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。

[0128] 時刻 t_3 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 t_3 の直後に振幅がゼロになる。また、時刻 t_3 の後の時刻 t_4 においてページの遷移が完了する。

[0129] 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 (A_{11}) 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。

[0130] また、次に、図 11 及び図 12 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。

[0131] 図 11 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 11 では、"A, B, C, 2 or #" の入力を行うための GUI 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。

[0132] 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。

[0133] 図 12 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 t_{11} において触れた指先を、時刻 t_{12} 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おり、フリック動作を行いやすい状態になる。

[0134] そして、時刻 t_{13} 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 GUI 操作部の表示も”l”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していると判定して振幅をゼロにする。

[0135] このため、時刻 t_{14} 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。

[0136] これにより、利用者は、アルファベットの”l”を選択する操作入力電子機器 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。

[0137] なお、ここでは、図 11 及び図 12 を用いて、GUI 操作部としての”j, k, l, 5 or &”の入力を行うための GUI 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 GUI 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 1 0 2 B 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 1 2 0 を振動させてもよい。

[0138] また、次に、図 1 3 及び図 1 4 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 2 4 0 の動作について説明する。

[0139] 図 1 3 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 1 2 0 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。

[0140] この場合に、図 1 4 に示すように、利用者が数字の ' 6 ' の上の位置 C 2 1 (図 1 3 参照) に触れた指先を、時刻 t_{21} において移動し始めたとする。そして、位置 C 2 1 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 t_{22} に短時間で振幅の大きな振動 B 1 1 が生じる。

[0141] この振動 B 1 1 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、瞬時的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。

[0142] 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 t_{23} から短時間で振幅の小さな振動 B 1 2 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 1 2 0 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。

[0143] そして、時刻 t_{24} 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 B 1 3 を発生させる。これは、振動

B 1 1 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、瞬時的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。

[0144] 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。

[0145] 以上、実施の形態の電子機器 1 0 0 によれば、トップパネル 1 2 0 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るので、利用者に良好な触感を提供することができる。

[0146] また、実施の形態の電子機器 1 0 0 は、正弦波発生器 3 1 0 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 3 2 0 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 3 1 0 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 1 2 0 の固有振動数に等しく、また、この固有振動数は振動素子 1 4 0 を加味して設定している。

[0147] すなわち、正弦波発生器 3 1 0 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 3 2 0 で変調することによって駆動信号を生成している。

[0148] 従って、トップパネル 1 2 0 の超音波帯の固有振動をトップパネル 1 2 0 に発生させることができ、スク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 1 2 0 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 Tact ile Illusion効果により、トップパネル 1 2 0 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。

[0149] また、制御周期の 1 周期の時間に相当する所要時間 Δt 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 G U I 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。

[0150] なお、制御周期の 1 周期の時間に相当する所要時間 Δt 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。

[0151] 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 140 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 140 をオフにするとは、振動素子 140 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。

[0152] 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 140 をオンからオフにする必要はない。例えば、振動素子 140 のオフの状態の代わりに、振幅を小さくして振動素子 140 を駆動する状態を用いてもよい。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 140 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。

[0153] この場合は、振動素子 140 の振動の強弱を切り替えるような駆動信号で振動素子 140 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。

[0154] 振動素子 140 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 140 をオフにすると、振動素子 140 のオン／オフを切り替えることになる。振動素子 140 のオン／オフを切り替えることは、振動素子 140 を断続的に駆動することである。

[0155] 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。

[0156] 以上、本発明の例示的な実施の形態の駆動制御装置、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

[0157] 100 電子機器
110 筐体

- 1 2 0 トップパネル
- 1 3 0 両面テープ
- 1 4 0 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
- 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

請求の範囲

- [請求項1] ディスプレイパネルと、前記ディスプレイパネルの表示面側に配設されるタッチパネルと、前記タッチパネルに操作入力を行う操作面に振動を発生させる第1振動素子とを含む電子機器の前記第1振動素子を駆動する駆動制御装置であって、
- 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振動素子を駆動する駆動制御部であって、前記操作面への操作入力の位置及び当該位置の時間的変化度合に応じて、前記固有振動の強度が変化するように前記振動素子を駆動する駆動制御部を含む駆動制御装置。
- [請求項2] 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記載の駆動制御装置。
- [請求項3] 前記駆動制御部は、前記操作入力の位置が、前記ディスプレイパネルに表示されるGUI操作部の境界を跨いで移動するときに、又は、前記GUI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1又は2記載の駆動制御装置。
- [請求項4] 前記駆動制御部は、前記操作入力の位置が、前記ディスプレイパネル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1又は2記載の駆動制御装置。
- [請求項5] 前記駆動制御部は、前記操作入力の位置が、前記ディスプレイパネルに表示される所定のGUI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1又は2記載の駆動制御装置。
- [請求項6] 前記操作面は平面視で長辺と短辺を有する矩形状であり、前記駆動制御部が前記振動素子を振動させることにより、前記操作面の前記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駆動制御装置。
- [請求項7] 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変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駆動制御装置。

[請求項8]

ディスプレイパネルと、
前記ディスプレイパネルの表示面側に配設されるタッチパネルと、
前記タッチパネルに操作入力を行う操作面に振動を発生させる振動素子と、

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振動素子を駆動する駆動制御部であって、前記操作面への操作入力の位置及び当該位置の時間的変化度合に応じて、前記固有振動の強度が変化するように前記振動素子を駆動する駆動制御部と

を含む電子機器。

[請求項9]

ディスプレイパネルと、前記ディスプレイパネルの表示面側に配設されるタッチパネルと、前記タッチパネルに操作入力を行う操作面に振動を発生させる振動素子とを含む電子機器の前記振動素子を駆動する駆動制御方法であって、

コンピュータが、

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振動素子を駆動する際に、前記操作面への操作入力の位置及び当該位置の時間的変化度合に応じて、前記固有振動の強度が変化するように前記振動素子を駆動する、駆動制御方法。