



Title	携帯電話用ガラスパネルに関する動力学的研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	海藤, 義彦
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12953号
Issue Date	2017-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/68070
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Yoshihiko_Kaito_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 海藤 義彦

学 位 論 文 題 名

携帯電話用ガラスパネルに関する動力学的研究
(Research on Dynamics of Glass Panels Used in Mobile Phones)

ガラスは窓ガラス、鏡、食器、レンズ、光学部品など日常品から工業製品分野まで幅広く利用されている。ガラスの特徴は様々であるが、代表的なものとして固体の透明さが挙げられる。それは主成分が SiO_2 , B_2O_3 , Al_2O_3 等からなり、可視光を吸収、散乱しないために起こる。また製造上の特徴として、成形のし易さが挙げられる。これは温度上昇に伴い粘度が変化するため、温度制御により加工を容易にするからである。さらに、耐薬品性、防汚性などの特徴を持つ。ガラスの製法にはいくつかあるが、最も一般的なものに溶融法がある。溶融法とは、固体原料を高温で加熱して溶かし、液体状態にした後、冷却し非晶質なガラスにする製法である。ガラスのデメリットとしては、その靱性が小さく破壊しやすいことが挙げられる。そのため、ガラスの機械的特性に関する研究報告では、ガラスへの外力負荷や熱衝撃に対する耐性に関するものが多い。そして、これらの特徴を考慮した上でパッシブな部材として利用されることが多い。一方、最近ではガラス板を加振してアクティブに利用する例が見られる。しかし、ガラス板の振動特性を明らかにした報告例は少なく、製品化する場合には、仕様を満たすために膨大な数の実験を繰り返し、トライアンドエラーにより対応しているのが現状である。そこで本研究では、ガラス板の振動特性を理論と実験から検証し、最適設計手法を確立したので報告する。

最近 20 年間で、携帯電話の利用は世界中で急激に広がった。そして、携帯電話の多くは高機能な、いわゆるスマートフォンが主流になっている。ほとんどのスマートフォンは、入力デバイスとしてガラス板と一体化したタッチパネルを搭載している。通常、タッチパネルは画面上に映された表示にユーザーが指で触れ、操作するものである。その際、ユーザーは自分の操作入力が意図したとおりに受けつけられたかどうかを、画面を見て確認するか、あるいは確認音によって判断する場合が多い。しかし、音を発せられない環境での操作を必要とする場合がある。また、身体障がい者や高齢者にとって視覚、聴覚での判断は困難な場合がある。そのため、これを解決する機能として、触覚による確認方法を採用した装置が開発されている。その中には、ユーザーの入力操作直後にタッチパネルガラスを振動させて、ユーザーの指にフィードバックする機能を有する機種も多く存在する。しかし、タッチパネルガラスの振動特性は十分ではなく、その特性の向上が望まれている。一方、ガラスは金属や複合材料に比べて振動の技術的な利用が、従来ほとんどなされなかった。そのため、ガラスの機械的特性に関する研究では、ガラス板の振動特性に関する報告が少ない。そこで、本研究では、ガラス板の振動特性に関し、ガラス形状、振動強度、境界条件、感性品質の観点から検討を行ったので報告する。本研究は、スマートフォンの他、タブレット端末、最近開発が盛んなウェアラブル機器等の機能向上に大いに貢献するものと考える。

論文は、7 章で構成されており、概要は以下のようになる。

第 2 章では、様々な形状の平板ガラスの自由振動特性について研究結果を報告する。研究に用いる平板ガラスの形状は、正方形、長方形、台形、円形とし、その固有振動数とモード形について、有限

要素法 (Finite element method:FEM),Rayleigh-Ritz 法および実験により検証する。

第 3 章は, ガラス板の振動強度を向上させる検討案に関する研究報告である。ここでは, 振動デバイスとして圧電トランスデューサ (Piezoelectric Transducer:PZT) を使用し, シミュレーションとモード解析法による実験から加振構造を検討した。

第 4 章では, 振動しているガラス板の境界条件についての研究結果を報告する。スマートフォンのガラス板は, 粘着テープによって装置本体に接着されている。粘着テープは, 弾性的に振る舞うため, ガラス板周囲辺の拘束は数学的な境界条件と完全には一致しない。そこで, 本章ではガラス板周囲を固定する粘着テープを垂直ばねと回転ばねを有する弾性ばねと仮定して, Rayleigh-Ritz 法を用いて長方形板の振動特性の理論解析, 数値解析および実験を行う。また, 実験で得られた固有振動数を用いて粘着テープのばね定数を多点探索手法である遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm:GA) で同定する。なお, 固有振動数と固有モードの測定は, 実験モード解析を用いる。さらに, 本手法の妥当性を確認するため, 得られた実験結果と計算結果を比較検証する。

第 5 章では, ガラス板を線状加振したときの振動特性について検討する。実際のスマートフォンでは, 加振する振動源をガラス板表示部外の外周近くに固定しなければならないという制約がある。そのため, 実際に製品に適用している PZT を想定し, 直線加振による板の周波数応答関数 (Frequency Response Function:FRF) の検討を行う。まず初めに, 理論的にアクセラランスを求め, 第 4 章で同定した粘着テープのばね定数を用いて FRF を求める。そして, 数値解析と実験結果から, 単純支持条件の場合と比較して検証を行う。最後に加振点と観測点の位置依存性を考察する。

第 6 章では, スマートフォンのタッチパネル独自のクリック感に関する研究報告を行う。スマートフォンのタッチパネルの操作性において「キーボードのような物理ボタンと比べて入力が遅く不正確になりやすい」点や「視覚障害者にとって扱うのが難しい」点などがデメリットとして挙げられている。そして, このような欠点が生じる原因として, 物理的な応答であるクリック感の欠如が挙げられている。ここでは, その解決策として振動刺激による触覚フィードバックについて考察し提案する。

第 7 章は, 論文の結論であり, 各章の成果をまとめる。