

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5977962号
(P5977962)

(45) 発行日 平成28年8月24日 (2016. 8. 24)

(24) 登録日 平成28年7月29日 (2016. 7. 29)

(51) Int. Cl. F I
G06F 17/50 (2006.01) G O 6 F 17/50 6 5 8 V
G01R 29/08 (2006.01) G O 1 R 29/08 D

請求項の数 20 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2012-51146 (P2012-51146)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成24年3月8日 (2012. 3. 8)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2013-186683 (P2013-186683A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成25年9月19日 (2013. 9. 19)	(74) 代理人	100100310
審査請求日	平成26年5月20日 (2014. 5. 20)		弁理士 井上 学
		(74) 代理人	100098660
			弁理士 戸田 裕二
		(74) 代理人	100091720
			弁理士 岩崎 重美
		(72) 発明者	船戸 裕樹
			神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地
			株式会社日立製作所 横浜研究所内
		(72) 発明者	須賀 卓
			神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地
			株式会社日立製作所 横浜研究所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電磁ノイズ解析方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

筐体モデル選択部が、筐体モデルを取得する筐体モデル選択工程と、
 コンポーネントモデル選択部が、各コンポーネントモデルを選択して取得するコンポーネントモデル選択工程と、

接続決定部が、前記取得した各コンポーネントモデル間を、配線で接続する接続工程と、

接続インピーダンス決定部が、前記配線に接続された前記コンポーネントモデルの接続インピーダンスを決定する接続インピーダンス決定工程と、

配置部が、前記取得した筐体モデル内に前記取得した各コンポーネントモデルを配置するコンポーネント配置工程と、

電磁ノイズ解析部が、前記配置して配線を接続した各コンポーネントモデルを駆動させ前記コンポーネントモデルと前記配線と前記接続インピーダンスとに基づいて電磁ノイズを発生させるとともに、前記発生した電磁ノイズを前記筐体モデル内で伝播させてノイズ量を算出するノイズ解析工程と、

出力部が、前記算出したノイズ量のデータを出力する出力工程と、
 を含むことを特徴とする電磁ノイズ解析方法。

【請求項2】

請求項1において、
 前記筐体モデルは、3次元モデルであり、

前記コンポーネントモデルは、外周は3次元モデルであり、内部はマクロモデルまたは等価回路モデルであることを特徴とする電磁ノイズ解析方法。

【請求項3】

請求項2において、

前記筐体モデルは、前記コンポーネント及び配線を配置する位置またはその候補の情報を含んでいることを特徴とする電磁ノイズ解析方法。

【請求項4】

請求項1乃至3のいずれかにおいて、

前記コンポーネントモデルの端子は、電流源または電圧源と、並列または直列インピーダンスと、コネクタの接続インピーダンスの情報を有し、

前記接続工程では、前記配線を前記コンポーネントの端子に接続し、

前記接続インピーダンス決定工程では、前記電流源または電圧源と、並列または直列インピーダンスと、コネクタの接続インピーダンスの値を決定することを特徴とする電磁ノイズ解析方法。

【請求項5】

請求項1乃至4のいずれかにおいて、

前記筐体モデルには、複数の種別のコンポーネントモデルが配置され、

前記コンポーネントモデル選択工程では、1の種別のコンポーネントにつき複数のコンポーネントモデルを取得し、

前記ノイズ解析工程では、前記コンポーネントモデルを変えながら複数回ノイズ量算出を行い、前記コンポーネントの組み合わせについてそれぞれノイズ量を算出することを特徴とする電磁ノイズ解析方法。

【請求項6】

請求項1乃至5のいずれかにおいて、

前記筐体モデルは、1のコンポーネントモデルまたは配線につき複数の配置位置を有しており、

前記ノイズ解析工程では、前記コンポーネントモデルまたは配線の配置位置を変えながら複数回ノイズ量算出を行い、前記配置位置についてそれぞれの複数回ノイズ量算出を行うことを特徴とする電磁ノイズ解析方法。

【請求項7】

請求項1乃至6のいずれかにおいて、

前記コンポーネントモデルには、前記コンポーネントモデルの属性値が含まれており、

前記出力工程では、ノイズ算出に用いたコンポーネントモデルの属性値を、前記ノイズ量とともに出力することを特徴とする電磁ノイズ解析方法。

【請求項8】

請求項1乃至7のいずれかにおいて、

前記コンポーネントモデルには、コンポーネントのコストまたは重量が含まれており、

前記出力工程では、ノイズ算出に用いたコンポーネントのコストの合計または重量の合計を、前記ノイズ量とともに出力することを特徴とする電磁ノイズ解析方法。

【請求項9】

請求項5または請求項6において、

前記複数回ノイズ量算出した中で、当該ノイズ量が所定の条件を満たすコンポーネントモデルの組み合わせまたは配置位置を選択してリストにして出力することを特徴とする電磁ノイズ解析方法。

【請求項10】

請求項1乃至9のいずれかにおいて、

前記筐体は、自動車の筐体であり、前記コンポーネントは、自動車の電気部品であることを特徴とする電磁ノイズ解析方法。

【請求項11】

筐体モデルを取得する筐体モデル選択部と、

10

20

30

40

50

各コンポーネントモデルを選択して取得するコンポーネントモデル選択部と、
前記取得した各コンポーネントモデル間を、配線で接続する接続決定部と、
前記配線に接続された前記コンポーネントモデルの接続インピーダンスを決定する接続インピーダンス決定部と、
前記取得した筐体モデル内に前記取得した各コンポーネントモデルを配置する配置部と

、
前記配置して配線を接続した各コンポーネントモデルを駆動させ前記コンポーネントモデルと配線と接続インピーダンスとに基づいて電磁ノイズを発生させるとともに、前記発生した電磁ノイズを前記筐体モデル内で伝播させてノイズ量を算出する電磁ノイズ解析部と、

10

前記算出したノイズ量のデータを出力する出力部と、
を含むことを特徴とする電磁ノイズ解析装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 において、

前記筐体モデルは、3次元モデルであり、

前記コンポーネントモデルは、外周は3次元モデルであり、内部はマクロモデルまたは等価回路モデルであることを特徴とする電磁ノイズ解析装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 において、

前記筐体モデルは、前記コンポーネント及び配線を配置する位置またはその候補の情報を含んでいることを特徴とする電磁ノイズ解析装置。

20

【請求項 1 4】

請求項 1 1 乃至 1 3 のいずれかにおいて、

前記コンポーネントモデルの端子は、電流源または電圧源と、並列または直列インピーダンスと、コネクタの接続インピーダンスの情報を有し、

前記接続決定部は、前記配線を前記コンポーネントの端子に接続し、

前記接続インピーダンス決定部は、前記電流源または電圧源と、並列または直列インピーダンスと、コネクタの接続インピーダンスの値を決定することを特徴とする電磁ノイズ解析装置。

【請求項 1 5】

請求項 1 1 乃至 1 4 のいずれかにおいて、

前記筐体モデルには、複数の種別のコンポーネントモデルが配置され、

前記コンポーネントモデル選択部は、1の種別のコンポーネントにつき複数のコンポーネントモデルを取得し、

前記ノイズ解析部は、前記コンポーネントモデルを変えながら複数回ノイズ量算出を行い、前記コンポーネントの組み合わせについてそれぞれノイズ量を算出することを特徴とする電磁ノイズ解析装置。

30

【請求項 1 6】

請求項 1 1 乃至 1 5 のいずれかにおいて、

前記筐体モデルは、1のコンポーネントモデルまたは配線につき複数の配置位置を有しており、

前記ノイズ解析部では、前記コンポーネントモデルまたは配線の配置位置を変えながら複数回ノイズ量算出を行い、前記配置位置についてそれぞれの複数回ノイズ量算出を行うことを特徴とする電磁ノイズ解析装置。

40

【請求項 1 7】

請求項 1 1 乃至 1 6 のいずれかにおいて、

前記コンポーネントモデルには、前記コンポーネントモデルの属性値が含まれており、

前記出力部は、ノイズ算出に用いたコンポーネントモデルの属性値を、前記ノイズ量とともに出力することを特徴とする電磁ノイズ解析装置。

【請求項 1 8】

50

請求項 1 1 乃至 1 7 のいずれかにおいて、
前記コンポーネントモデルには、コンポーネントのコストまたは重量が含まれており、
前記出力部は、ノイズ算出に用いたコンポーネントのコストの合計または重量の合計を、
前記ノイズ量とともに出力することを特徴とする電磁ノイズ解析装置。

【請求項 1 9】

請求項 1 5 または請求項 1 6 において、
前記複数回ノイズ量算出した中で、当該ノイズ量が所定の条件を満たすコンポーネント
モデルの組み合わせまたは配置位置を選択してリストにして出力することを特徴とする電
磁ノイズ解析装置。

【請求項 2 0】

請求項 1 1 乃至 1 9 のいずれかにおいて、
前記筐体は、自動車の筐体であり、前記コンポーネントは、自動車の電気部品であるこ
とを特徴とする電磁ノイズ解析装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、電子機器搭載装置の電磁ノイズ解析技術に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

本技術分野の背景技術として、特許文献 1 がある。この特許文献 1 では「設計対象物を
特定するための特定手段と、設計に際し、ノイズの影響に対して注意すべき内容を示す設
計注意事項に関する E M C 関連データを記憶する第 1 の記憶手段と、第 1 の記憶手段に記
憶される過去の不具合事項に関する E M C 関連データの中から、特定手段によって特定さ
れた設計対象物と関係するデータを検索する第 1 の検索手段と、第 1 の検索手段によっ
て検索されたデータを表示するための表示手段とを有する E M C 設計支援システム」とある
。

【0 0 0 3】

また、これまで発明者らは、回路基板が発生する不要電磁輻射を低減する為の設計手法
として特許文献 2 に記されるように、電磁ノイズ解析計算モデル及びシステムを開示して
きた。このうち、前者は設計手法に関するものであり、後者は電磁ノイズ計算モデルに関
するものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 4】

【特許文献 1】特開 2 0 0 1 - 1 5 5 0 4 8 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 1 0 - 1 9 8 2 0 1 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 5】

電磁ノイズ量の解析予測は電子機器の開発に必須の技術である。解析モデルは一般的に
等価回路による手法と電磁界解析による手法に大別される。解析の対象が電源装置や増幅
器などの単体装置であり、一つのメーカーによって開発する場合は、上記何れかの手法を用
いてノイズ量の解析計算を実現できる。しかし、自動車など膨大な数の電子機器を搭載し
、それぞれの機器が異なるメーカーによって提供されるような大型装置では装置全体の電磁
ノイズ解析は非常に困難である。理由は、このような大型装置の電磁ノイズ解析を実現す
るための個々の電子機器のノイズモデルの定義、それぞれのモデルの組合せ方法、さらに
組み合わせた装置全体でのノイズ解析手法が不明確だからである。

【0 0 0 6】

本発明はこのような問題を解決するためになされたものである。即ち、本発明の目的は
、個々の電子機器を組み合わせたシステムのノイズ量予測を実現する電子機器搭載装置の

10

20

30

40

50

EMC設計技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、例えば特許請求の範囲に記載の構成を採用する。本願は上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるならば、筐体モデルを取得し、各コンポーネントモデルを選択して取得し、取得した各コンポーネントモデル間を配線で接続し、筐体モデル内に各コンポーネントモデルを配置し、配置し配線を接続した各コンポーネントモデルを駆動させコンポーネントモデル及び配線から電磁ノイズを発生させるとともに、発生した電磁ノイズを前記筐体モデル内で伝播させてノイズ量を算出し、算出したノイズ量のデータを出力する出力工程する。

10

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、複数の電子装置を組み合わせたシステムの場合でも、システムの電磁ノイズ解析を容易に行い、ノイズ低減設計を支援することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の一実施例にかかるコンピュータシステムの構成図である。

【図2】本発明の一実施例にかかるシステムのノイズモデルを表す図である。

【図3】本発明の一実施例にかかる車両筐体のノイズモデルを表す図である。

【図4】本発明の一実施例にかかる部品のノイズモデルを表す図である。

20

【図5】本発明の一実施例にかかる部品ノイズモデルの1ポート分のデータを表す図である。

【図6】本発明の一実施例にかかるEMC設計手法のフローを表す図である。

【図7】本発明の一実施例にかかるEMC設計手法の機能ブロックを表す図である。

【図8】本発明の一実施例にかかる部品ノイズモデルの作成用ツール入力画面を表す図である。

【図9】本発明の一実施例にかかる部品とシステムの開発フェーズ関係を表す図である。

【図10】本発明の一実施例にかかるノイズ解析のフローである。

【図11】図10の電磁ノイズ解析の要部である。

【図12】本発明の一実施例にかかる部品ノイズモデルのデータベース形式を表す図である。

30

【図13】本発明の一実施例にかかる車両内配線経路候補を表す図である。

【図14】本発明の一実施例にかかる車載アンテナ位置候補を表す図である。

【図15】本発明の一実施例にかかる部品組み合わせ解析結果を表す図である。

【図16】本発明の他の実施例にかかる部品のノイズモデルを表す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下に本発明の実施の形態を、図を用いて説明する。ここでは、システム（全体装置）として電気自動車を、コンポーネント（部品）として電気自動車の部品を例にとって説明するが、これに限らず他の装置にも適用可能である。

40

【実施例1】

【0011】

図1に本発明を実現するコンピュータシステムの構成を示す。本コンピュータシステムは、処理手段1、記憶手段2、入力手段3、出力手段4及びそれらを接続する接続線5の構成を有している。処理手段1は、例えばCPUなどのプロセッサであり、記憶手段2は例えばHDDや半導体メモリであり、入力手段3は例えばキーボードやマウスやネットワーク入力であり、出力手段4は例えばディスプレイやプリンタやネットワーク出力であり、接続線5は例えば回路基板上の配線、接続コードやネットワークである。これらの構成は、同一の場所にある必要は無く、遠隔地に設置してネットワークなどを介して接続してもよい。

50

【 0 0 1 2 】

処理手段 1 は、記憶装置 2 などに記憶されたプログラムを読み出して実行することによって、車両選択部 1 1、部品選択部 1 2、接続インピーダンス決定部 1 3、部品配置配線経路決定部 1 4、電磁ノイズ解析部 1 5 として機能する。記憶手段 2 は、車両筐体モデル情報記憶部 2 1、部品モデル情報記憶部 2 2、ノイズ解析結果記憶部 2 3 を記憶している。

【 0 0 1 3 】

次に、電磁ノイズ解析の対象となる部品と車両のそれぞれのモデルについて、図 2 ~ 8 を用いて説明する。本実施例では、自動車とその部品であるインバータ、バッテリー、モータを例に示す。以下、車両などの装置全体を全体装置またはシステム、それに搭載される電子部品を部品またはコンポーネントと称する。また、モデルは、いずれもコンピュータシステム上で扱われる電子データである。

10

【 0 0 1 4 】

図 2 は、ノイズモデルを用いた車両全体のノイズ解析モデル概要の例である。ノイズ解析モデルは、車体筐体モデル 2 0 1 と、その内部に備えられた、インバータモデル 2 0 2、バッテリーモデル 2 0 3、負荷モデル 2 0 4 などのコンポーネントモデルを有する。負荷モデル 2 0 4 は、モータのノイズモデルを表す。各コンポーネントモデルは、配線 2 0 6 によりそれぞれ接続されている。この配線に流れるノイズ電流 2 0 6 も、ノイズ放射 2 0 7 の原因の一つとなる。インバータモデル 2 0 2 は電流源 2 0 5 を有しているが、負荷モデル 2 0 4、バッテリーモデル 2 0 3 は受動部品として扱い、ノイズを発生しないものと考え、電流源の記述は無い。

20

【 0 0 1 5 】

車両筐体は 3次元解析モデルを用いる。これにより、未知である電磁ノイズの伝播を解析により予測計算できる。ここではインバータ、モータ、バッテリーのみの例を示したが、他の装置も同様に装置のマクロモデルを組み合わせて 3次元車両モデル内に組み込めば良い。また、ノイズの影響を特に受けやすいコンポーネントとして、ラジオや通信用の車載アンテナ 2 0 8 も 3次元解析モデルに備えられている。

【 0 0 1 6 】

図 3 に、車両筐体モデル 2 0 1 の一例を示す。車両筐体モデル 2 0 1 は、自動車の車体を 3次元で表したものである。特に電磁波の影響の大きい金属筐体のボディやシャシーのみとし、電磁波の影響が小さい樹脂製の内装やタイヤ、サスペンションなどは電磁波の伝搬に影響が無い範囲で省略可能である。

30

【 0 0 1 7 】

車両筐体モデルのような解析モデルは、一般的に等価回路による手法と電磁界解析による手法に大別される。等価回路法は、車両筐体を等価回路によって表したものであり、考慮すべき寄生素子をノイズ経路に限定するため精度が悪化し易いが、負荷が軽く高速に解析できる。対して電磁界解析法は、実際の車両筐体の 3次元形状をメッシュ化したものであり、解析時間が長くなるが、電磁ノイズの伝播を解く精度は高い。車両全体のノイズ解析を設計に用いるために行うためには、等価回路法と電磁界解析法の使い分けが重要である。本実施例では、メッシュ化した 3次元形状を車両筐体モデルとして用いて電磁界解析を行う。

40

【 0 0 1 8 】

図 4 は、コンポーネントモデルの一例として、インバータモデル 2 0 9 を示す。コンポーネントモデルとしては、マクロモデルと等価回路モデルがあるが、本実施例では、マクロモデルを採用する。

【 0 0 1 9 】

マクロモデルのデータには、筐体とその内部の回路素子とが含まれている。インバータモデル 2 0 9 の装置筐体 4 0 1 は、実際のインバータの筐体の形状に基づく 3次元モデルである。インバータモデル 2 0 9 の内部は、ノイズ源として電流源 2 0 5、出力インピーダンス 4 0 2、ケーブル GND 4 0 3 (インバータとシャシー 2 0 9 を接続している) の接

50

続インピーダンスを考慮する必要がある。これらの構成には、回路素子としての周波数依存性のデータが含まれている。三相出力403と電源入力404は、機能的には異なり実物の形状も異なる端子であるが、ノイズモデルとしては同様の記述をする。いずれの端子も、接続インピーダンス Z_{CD} を有している。装置内部をこのようにマクロ化することで、全体解析において問題となり易い解析時間の膨大化を回避できる。また、電磁ノイズの経路または電磁ノイズのアンテナとなり易い装置筐体401を3次元モデルとすることで、ノイズ計算精度の低下も回避できる。

【0020】

図5は、図4に示したインバータモデルにおける三相出力端子403のうち、一相分のデータ例である。出力インピーダンス、ノイズ電流源、接続インピーダンスをそれぞれ複素形式で周波数毎に記述されている。部品メーカはシステムメーカが定める端子に対してこのようなノイズモデルを作成する。このようなデータは、他の電流源205、出力インピーダンス402、ケーブルGND403、電源入力端子405のデータも、部品ノイズモデル内に記憶されている。

10

【0021】

次に上記で示した部品のマクロモデルの作成方法について説明する。図6に手順を、図7に1ポートだけ抜き出したモデルを示す。

【0022】

まず、ノイズモデルがもつ各端子を識別するため、各端子毎に名称を定義し、これをポート名とする(S601)。ポート名は、例えばモータ駆動用電流出力端子のU相であればAC(U相)など、端子を特定できれば任意でよい。次にノーマルモード電流のリターン路インピーダンス(Z_{CN})を決定する(S602)。 Z_{CN} の値の決定には、実測により求める方法と、理論式により求める方法と、電磁界解析などのシミュレーションにより求める方法などがあるが、いずれの方法を用いても良い。次に第一の条件として用いる負荷のノーマルモードインピーダンス(Z_{LD1})の周波数特性を実測またはシミュレーションにより求める(S603)。次に第一条件負荷のコモンモードインピーダンス(Z_{CD1})の周波数特性を実測またはシミュレーションにより求める(S604)。次に負荷に流れるコモンモードノイズ電流(i_{C1})の強度と位相を実測またはシミュレーションにより求める(S605)。次に負荷のインピーダンスを変え、これを第二条件として同様にノーマルモードインピーダンス(Z_{LD2})とコモンモードインピーダンス(Z_{CD2})、ノイズ電流(i_{C2})の強度と位相を実測またはシミュレーションなどにより求める(S606)。これらからノイズ電流源(I_S)と出力インピーダンス(Z_S)はそれぞれ数1、数2、数3を用いて求めることが出来き、マクロモデルを算出することができる(S607)。

20

30

【0023】

【数1】

$$Z_S = \frac{i_{C2} \cdot (Z_{LC2} + Z_{CN}) \cdot Z_{F2} - i_{C1} \cdot (Z_{LC1} + Z_{CN}) \cdot Z_{F1}}{i_{C1} \cdot (Z_{LC1} + Z_{CN}) - i_{C2} \cdot (Z_{LC2} + Z_{CN})} \quad \dots \text{数1}$$

$$\text{但し} \quad Z_{F1} = \frac{Z_{CN} \cdot Z_{LC1}}{Z_{CN} + Z_{LC1}} + Z_{LD1}$$

40

【0024】

【数2】

$$I_S = \frac{i_{C1} (Z_{LC1} + Z_{CN})}{Z_{CN}} \cdot \left(\frac{Z_{F1}}{Z_S} + 1 \right) \quad \dots \text{数2}$$

【0025】

【数3】

$$I_S = \frac{i_{CI} \cdot (Z_{LCI} + Z_{CN})}{Z_{CN}} \cdot \left(\frac{Z_{F1}}{Z_S} + 1 \right) \quad \dots \text{数3}$$

【0026】

これら部品のノイズモデルを作成する処理は、上記インピーダンス等の情報を入力すれば、自動計算によりモデル情報を出力することができる。これをWebなどのプラットフォームで共有することもできる。図8にツールの入力画面イメージを示す。入力画面では、負荷条件ごとに、周波数に対応するノーマルモードインピーダンス、コモンモードインピーダンス、コモンモードノイズ電流のファイルが指定されている。

10

【0027】

図9に、実際の製品開発において車両開発と部品開発の工程の中で本ノイズモデルの作成と解析を実施するタイムテーブルを示す。車両開発は自動車メーカーが行い、部品開発は部品メーカーが行う。

【0028】

車両開発では、まず車両の仕様を作成し、それを基いて車両を設計する。このときに、車両に用いる部品の仕様を決定し、部品メーカーに提示する。

【0029】

部品メーカーでは、提示された仕様に基づき、設計、一次試作（設計検証試作、試作はシミュレーションで代用でも可能）、評価を行い、自動車メーカーに提示する。このときに、部品のノイズモデルを作成し、部品が発生するノイズが基準以下であることを検証するとともに、ノイズモデルを自動車メーカーに提供する。

20

【0030】

自動車メーカーは、一次試作（設計検証試作）をするとともに、車両のノイズモデルを作成し、ここに部品メーカーから提供された部品のノイズモデルを適用し、全体装置でのノイズ解析を行い、評価する。

【0031】

評価が基準を満足しない場合、自動車メーカーは部品メーカーに設計変更を伝え、部品メーカーは再設計する。そして、部品メーカーは、設計または再設計した部品の二次試作（量産試作）、評価を行い、部品及びノイズモデルを自動車メーカーに提供する。そして、自動車メーカーは、再びノイズ解析、設計変更（必要な場合のみ）、二次試作（量産試作）を行い、評価する。

30

【0032】

特に車載機器では、多くの場合、一次試作（設計検証試作）と、二次試作（量産試作）とを行う。車両開発と部品開発共に一次試作に基づきモデルをそれぞれ作成し、自動車メーカーは全体解析を行う。そして解析結果に基づき、必要であれば部品のノイズ要求仕様や配線設計を改善し、量産試作を行う。このようにすることで最終評価でノイズ量が目標未達などの不具合を起こすリスクを回避できる。また、部品が新規開発品でない場合は車両開発の一次試作前にノイズ量解析予測を行うことが出来、一次試作後の設計変更を回避できる。これによりシステムメーカーは開発期間の短期化、コストの低減を実現できる。部品メーカーは不要な対策コストの削除、低ノイズ性能をモデルにより訴求できるなどの付加価値を提供できるようになる。

40

【0033】

図10に、システム全体の電磁ノイズ解析予測を行い目標仕様を達成するための一連のフローを示す。本実施例では自動車の電磁ノイズ設計開発を対象に説明する。主要ノイズ源は、インバータとする。以下、図1のフローに沿って説明する。

【0034】

まず、システムメーカー、即ちこの例では自動車メーカーは車両全体の仕様を決定する（S1001）。

50

【 0 0 3 5 】

次に、自動車メーカーは、決定した車両仕様を実現するため必要となる部品仕様を決定する (S1002)。部品は一般的に種々の異なるメーカーによって供給される。

【 0 0 3 6 】

次に、車両の電磁ノイズ解析に用いる部品ノイズモデルの区画分けを行う (S1003)。これは基本的に組み立てられた部品単位で区画分けをする。例えばハイブリッド自動車の三相モータ駆動用インバータシステムの場合、部品構成はインバータ、三相出力用ケーブル、モータ、電源ケーブル、バッテリーがあり、それぞれについて部品ノイズモデルが必要となる。すなわち、用いる部品の種別を特定し、その種別に応じて、ノイズモデルを記憶するフォーマットを指定する。

10

【 0 0 3 7 】

すなわち、これまでのステップでは、車体内での部品配置や配線経路を自動車メーカーが初期設計を行い、この情報そのものまたは付随して必要となるノイズモデルの要件 (フォーマット) を部品メーカーへ与える。さらに自動車メーカーはノイズ解析が必要となる動作モードを検討し、ノイズモデルが部品のどの動作モード時を表すべきかその動作モードに関する要求仕様を作成し、ノイズモデルの要件に含ませる。そして、自動車メーカーは、部品メーカーに部品要求仕様を提示する。その中にノイズモデルの仕様も含まれる。すなわち、自動車メーカーは、部品メーカーに、部品仕様と、ノイズ解析を行うためのノイズモデルのフォーマット及びノイズ解析を行う動作モードを送付する。

【 0 0 3 8 】

部品メーカーは、自動車メーカーからの要求仕様に基づき、部品を設計・試作すると共に (S1009)、部品ノイズモデルを作成する (S1010)。そして、部品メーカーが実際の装置を試作・評価・出荷などを行なうのと並行に作成した部品ノイズモデルを、自動車メーカーへ提供する (S1011)。

20

【 0 0 3 9 】

これら部品メーカーがモデルを作成している間に、自動車メーカーは、車両筐体ノイズモデルを作成する (S1004)。車両筐体モデルには、車体の金属筐体の3次元データと、部品や配線の配置位置 (またはその候補) が含まれている。

【 0 0 4 0 】

次に自動車メーカーは、部品メーカーが提供する部品ノイズモデルをそれぞれ結合し、作成した車両筐体モデルに配置する。そして、ノイズ解析が可能な状態にする。これにより得られた全体解析モデルを用いて電磁ノイズ量を予測計算する (S1005)。

30

【 0 0 4 1 】

得られたノイズ量が規制値を超過する場合、車両内部の部品配置や配線経路、または部品同士の結合を改善するなどし規制に適合する条件を見出す。または、規制に適合するために必要な部品の入出力特性を出力とし、これを部品メーカーに更新された仕様として提示し部品の性能改善により規制適合を図る方法がある (S1006)。

【 0 0 4 2 】

このようにして部品メーカーとシステムメーカーがそれぞれのノイズ解析用モデルを作成することで従来困難だった大型装置の電磁ノイズ解析を予測計算することが出来る。

40

【 0 0 4 3 】

図 1 1 は、図 1 0 の電磁ノイズ解析工程 (S1005) を詳述する図である。

【 0 0 4 4 】

まず、車両筐体モデル情報記憶部 2 1 に記憶された車両モデル群の中から解析を行う車両の車両筐体モデルを車両選択部 1 1 で選択し、車両筐体モデル情報記憶部 2 1 から車両筐体モデルを取得する (S1101)。そして、この車両に搭載してノイズ解析を行う各部品を部品選択部 1 2 が選択し、部品モデル情報記憶部 2 2 から部品モデルを取得する。部品モデルは、図 1 2 に示すように、部品の種別ごとに複数のものが用意されている。本実施例では、インバータ、コンバータ、バッテリー、モータ、ケーブルについて、ノイズ解析に用いる部品を一つずつ選択する。

50

【 0 0 4 5 】

次に、接続インピーダンス決定部 1 3 で部品接続インピーダンスを決定する (S1103)。部品接続インピーダンスは部品と部品の中間値であるため、異なる部品メーカーの場合、その管理はシステムメーカーによって行われなければならない。そして電磁ノイズの計算にはこの部品同士の接続インピーダンスが非常に重要なパラメータの一つになり得る。初期値は同種の接続形状の実測値などを用いることで計算の信頼性を保てる。

【 0 0 4 6 】

次に、部品配置と配線経路とを部品配置配線経路決定部 1 4 で決定する (S1104)。部品配置及び配線経路は、予め車両筐体モデルに記憶されている。部品配置及び配線経路は、一つの部品・配線につき一つだけ用意しても、複数用意してその中から選択するようにしてもよい。なお、この配置決定は、接続インピーダンス決定の前に行ってもよい。

【 0 0 4 7 】

配線経路を複数用意した例を、図 1 3 に表す。配線経路 1 3 0 1 は実際には他の部品などにより制約がある。配線の引き回しが可能な点を幾つか設定しておけば、その中から最良の配線経路を解析により求めることが出来る。

【 0 0 4 8 】

次に電磁ノイズ解析部 1 5 で電磁ノイズ伝播を計算をする (S1105)。電磁ノイズ伝播は、一般的な電磁界計算手法を用いれば良い。計算によって求める対象値は計算条件または規格によって定めることができる。各モードごとに、各コンポーネントを連動させて駆動させ、各コンポーネントが発生させたノイズを、車両筐体を含む 3 次元空間内で伝播させる。そして、ノイズデータを出力する。

【 0 0 4 9 】

ノイズデータは、3次元空間のノイズ分布を図で表してもよいし、車載アンテナ 2 0 8 の位置や予め定めた測定点でノイズ強さを数値で表してもよいし、測定点等におけるノイズ量が、規格に定めた基準値内であるかどうかによって表してもよい。

【 0 0 5 0 】

測定点について、図 1 4 を用いて説明する。部品配置も上記配線経路と同様に幾つかの候補を設定すればパラメトリック解析により最良の条件を求めることができる。例として車両開発では車載アンテナに混入するノイズ量が解析対象値の一つであるが、この車載アンテナの位置を幾つかの候補または開始位置から終了位置と刻み幅を与えることによって本解析手順に従って最良の車載アンテナ位置を解析により求めることができる。図中のアンテナ 2 0 9 a ~ c は、車載アンテナの候補位置であるが、これらの全てについてノイズ量を算出しておくことで、車載アンテナの設置に適した位置を判断する事ができる。

【 0 0 5 1 】

ノイズ量計算が完了したら、全ての部品配置・配線経路についてノイズ量算出が終ったか判断する (S1106)。ノイズ算出にかかる部品配置・配線経路は、車両筐体モデルに含まれる全ての部品配置・配線経路でもよいし、そのうち選択したもののみでもよい。全部終了していれば次に進み、終了していなければ、S1104に戻り、部品配置、配線経路を変更し、再びノイズ量算出を行う。

【 0 0 5 2 】

続いて、全ての部品の組み合わせについてノイズ量算出が終ったか判断する (S1107)。ノイズ量は、各部品の発生するノイズの単純な合計ではなく、各部品の相性によりノイズ量が増えるからである。例えば、接続するモータによって、インバータの発生するノイズ量が大きく変化することがある。そのため、部品の組み合わせについて、全部ノイズ量算出を行ったか判断する。全部終了していれば次に進み、終了していなければ、S1102に戻り、部品の組み合わせを、まだノイズ量算出を行っていないものに再選択し、再びノイズ量算出を行う。

【 0 0 5 3 】

このようにして、部品の組み合わせ及び部品位置や配線経路を変更しながら、ノイズ計算を順次行っていく。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

図 1 5 に、ノイズ伝播計算結果の例を示す。この例では、部品A、部品Bの組み合わせに対して、配線経路 1 ~ 3 についてノイズ量算出を行い、その結果が規格 1 ~ 3 にそれぞれ適合しているか(閾値よりもノイズ量が小さいか)判定したものである。どの部品の組み合わせで配線経路とした場合にどの規格に適合できるかを解析により確認することができる。部品モデルや車両モデルが既にデータベースに作成済みの場合は情報入力から結果出力までを全て自動化しても良い。

【 0 0 5 5 】

一般的に車両での電磁ノイズ解析では車載アンテナへ混入するノイズ量、または車両周辺へ漏れ出る電磁ノイズ量、のどちらかである。この解析によって得られた結果は規格適合判断部で車載アンテナへの混入ノイズ量または車体周辺への漏洩が規格または目標値を満足しているかを判断する。もし規格を満たしていない場合は配線経路、部品配置または部品接続インピーダンスを修正部で変更する必要が生じる。部品の配置や配線経路に係る制限は最初に入力される配置情報に包含されている必要がある。このようにして部品配置、配線経路、部品接続インピーダンスを変化させながら規格に適合するか否か、または規格適合の条件を一連の解析によって求めることが出来る。出力情報は規格を満たす条件即ち部品の組合せ、配置、配線経路、接続インピーダンスの情報でありこれらが設計条件となる。

【 0 0 5 6 】

上述したモデル情報をデータベースに記録する際の例を示す。実際の製品開発では電磁ノイズの観点だけではなく、部品のコスト、重量、サイズ等も重要なパラメータである。出力されるノイズ解析結果には、通常用いられる部品管理表にノイズモデルへのリンクを持たせる事が好ましい。例えば、ノイズ解析結果とともに、部品の機能、コスト、重量、サイズなど(属性値と称する。)を出力してもよい。また、コストや重量である場合には、図 1 5 に示すように、用いた複数の部品のコストの合計や重量の合計を出力してもよい。

【 0 0 5 7 】

また、規格を満たした条件(部品の組み合わせ、配線経路など)のみを集めて出力してもよい。さらにそれらを、重量やコストの合計の大小の順に並び替えて表示してもよい。

【 実施例 2 】

【 0 0 5 8 】

図 1 6 を用いて、実施例 2 を説明する。実施例 1 では、コンポーネントモデルとしては、マクロモデルを用いているが、本実施例では、等価回路モデルを用いている。他の点は、実施例 1 と同じである。

【 0 0 5 9 】

図 1 6 に、等価回路モデルの一例を示す。等価回路とは、コンポーネント内の実際の回路を、コンデンサ、コイル、電気抵抗などの回路記号を用いて記述したものである。部品筐体は、3次元モデルであることは、マクロモデルと同様である。図 1 6 の等価回路モデルは、インバータ 1 6 0 1、パワーモジュール 1 6 0 2、対GNDキャパシタ 1 6 0 3、高圧バッテリー 1 6 0 4、バッテリーケーブル 1 6 0 5、モータ 1 6 0 6、出力ケーブル 1 6 0 7 を、回路記号で記述している。

【 0 0 6 0 】

等価回路モデルの場合、実際の稼働の電流を模して、モデル内で電流を等価回路内の各素子に流しノイズを発生させるので、コンピュータの負荷が重くなるものの、実際の動作モードに近い解析ができる。そのため、動作モードごとにノイズ解析を行うことができるなど、より正確にノイズ解析をすることができる。マクロモデルの場合には、ノイズ値が最大の場合を想定しており、小さな負荷で解析を行うことができる。等価回路モデルの部品モデルと、マクロモデルの部品モデルを混合して車両筐体モデルに搭載し、ノイズ解析を行うことも可能である。

【 0 0 6 1 】

以上、二つの実施例を説明した。なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

【0062】

また、各情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品開発への適用上必ずしも全ての情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

10

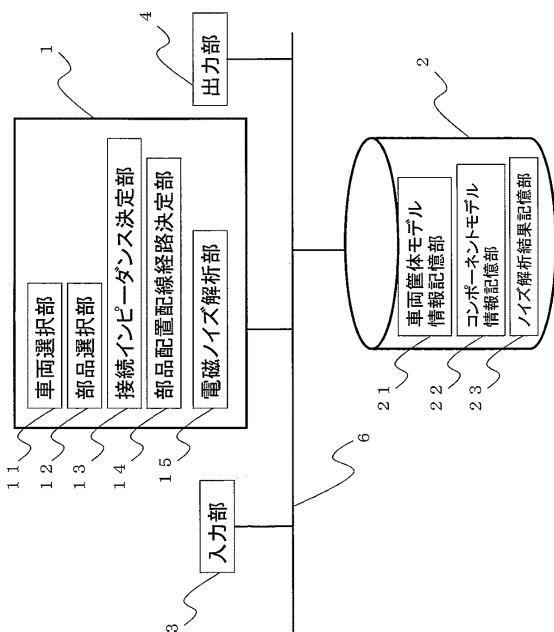
【符号の説明】

【0063】

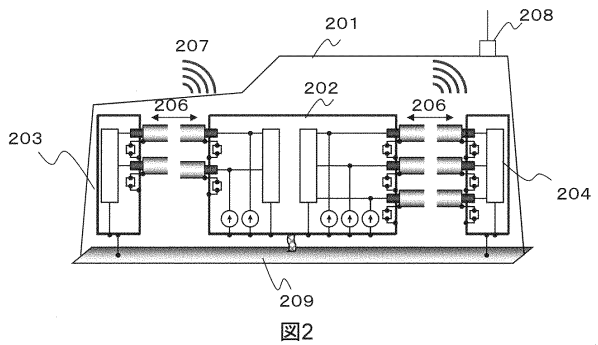
1・・・処理手段、2・・・記憶手段、3・・・入力手段、4・・・出力手段、5・・・接続線、11・・・車両選択部、12・・・部品選択部、13・・・接続インピーダンス決定部、14・・・部品配置配線経路決定部、15・・・電磁ノイズ解析部、21・・・車両筐体モデル情報記憶部、22・・・コンポーネントモデル情報記憶部、23・・・ノイズ解析結果記憶部、201・・・車両筐体モデル、202・・・インバータモデル、203・・・バッテリーモデル、204・・・負荷モデル、207・・・ノイズ放射、208・・・車載アンテナ。

20

【図1】



【図2】



【図3】

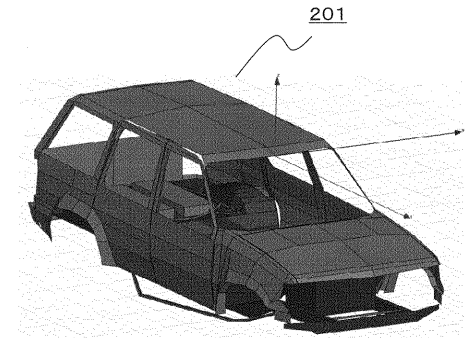
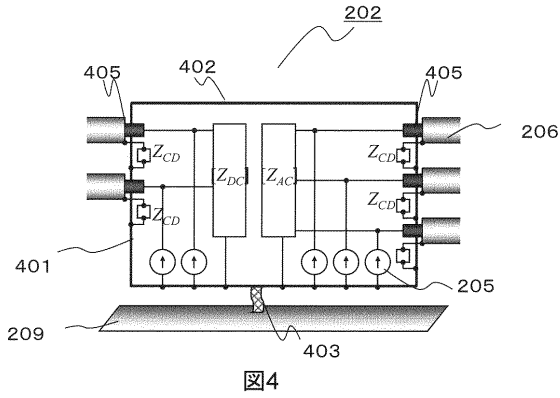


図3

【図4】



【図5】

周波数 [Hz]	U相					
	出カインピーダンス (Zac)		電流源(Iac)		接続インピーダンス (Zac)	
	実部	虚部	実部	虚部	実部	虚部
150000.00	596.86	808.73	-0.000356	-0.0020244	596.86	808.73
150631.91	617.66	715.36	-0.0004169	-0.0020942	617.66	715.36
151266.49	628.67	651.29	-0.0004724	-0.0021708	628.67	651.29
151903.74	638.20	601.74	-0.0005271	-0.0022528	638.20	601.74
152543.67	647.54	563.19	-0.0005801	-0.0023397	647.54	563.19
153186.30	657.51	532.32	-0.0006318	-0.0024309	657.51	532.32
153831.64	668.48	506.71	-0.0006826	-0.0025261	668.48	506.71
154479.69	707.08	524.35	-0.0006943	-0.0026465	707.08	524.35
155130.48	758.99	560.88	-0.0006898	-0.0027768	758.99	560.88
155784.01	815.43	603.16	-0.0006828	-0.0029086	815.43	603.16
156440.29	875.95	656.80	-0.0006703	-0.0030419	875.95	656.80
157099.33	934.30	709.48	-0.0006521	-0.0031274	934.30	709.48
157761.15	962.89	678.76	-0.0006296	-0.0029364	962.89	678.76
158425.76	988.84	645.25	-0.0006048	-0.0027435	988.84	645.25
159093.17	1010.55	602.58	-0.0005806	-0.0025482	1010.55	602.58
159763.39	1027.66	556.59	-0.0005541	-0.0023511	1027.66	556.59

図5

【図6】

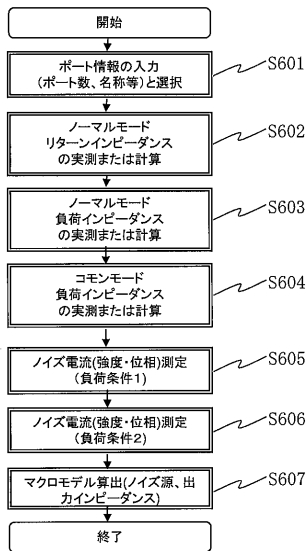


図6

【図7】

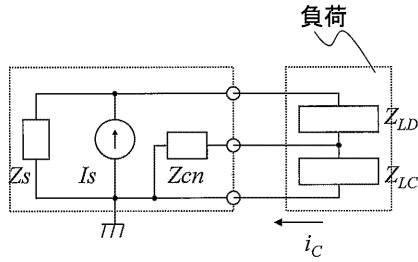


図7

【 図 8 】

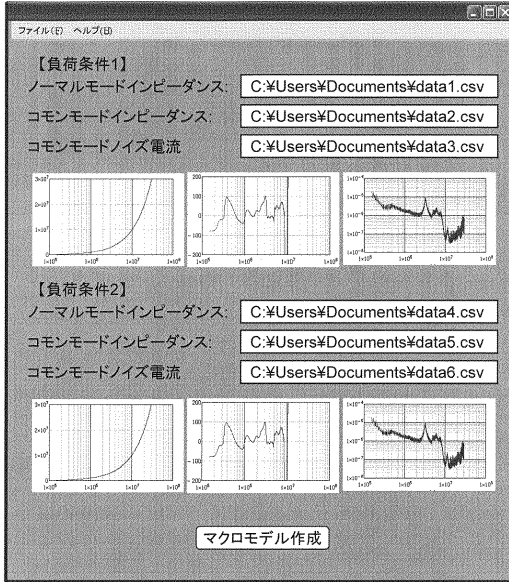


図8

【 図 9 】

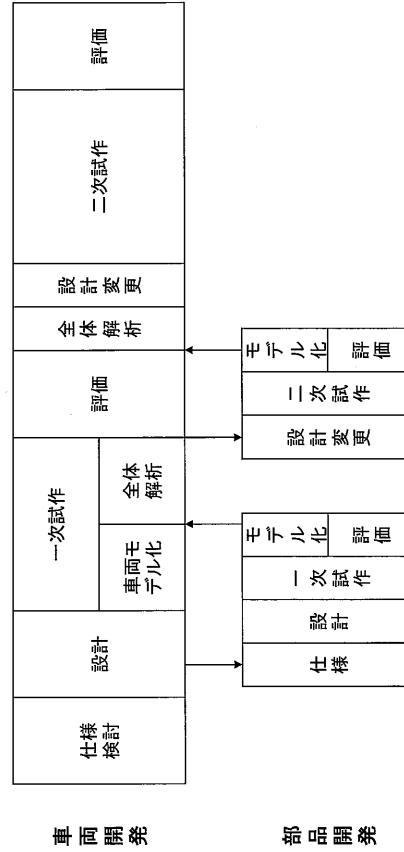


図9

【 図 10 】

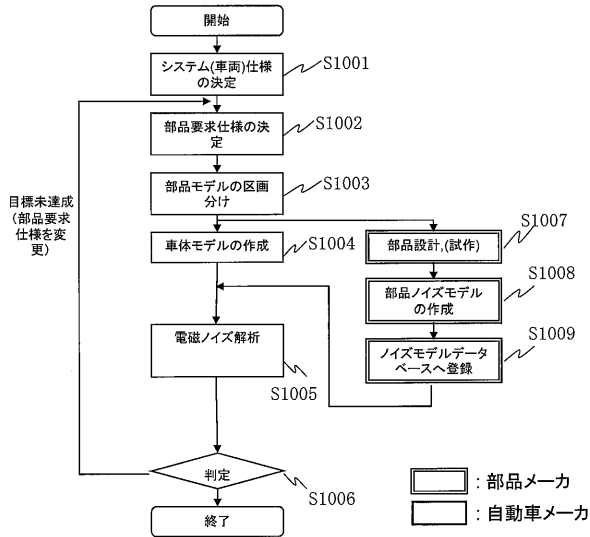


図10

【 図 11 】

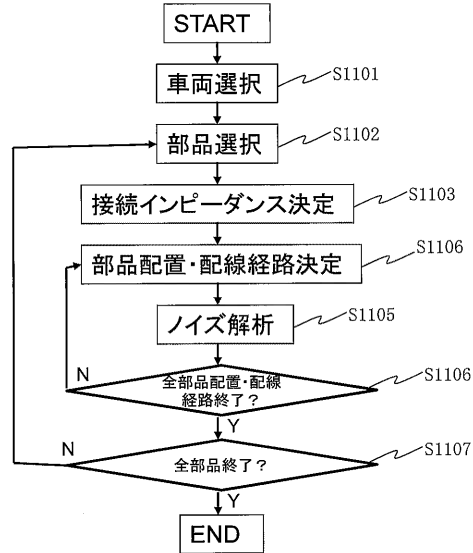


図11

【 図 1 2 】

種別	部品名	基本機能	コスト(¥)	重量(kg)	サイズ(m)	ノイズモデル	筐体モデル
インバータ	A01	360V, 200A	20000	15	0.2*0.5*0.5	a01.csv	a01.cad
	B02	300V, 150A	15000	10	0.2*0.2*0.2	b02.csv	b02.cad
	B03	400V, 150A	25000	20	0.3*0.3*0.3	b03.csv	b03.cad
コンバータ	B04	12V, 300A	10000	5	0.15*0.15*0.1	b04.csv	b04.cad
	C05	15V, 50A	20000	25	0.4*0.4*0.1	c05.csv	c05.cad
	...						

図12

【 図 1 3 】

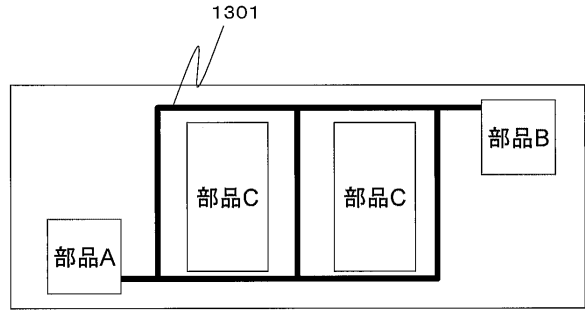


図13

【 図 1 4 】

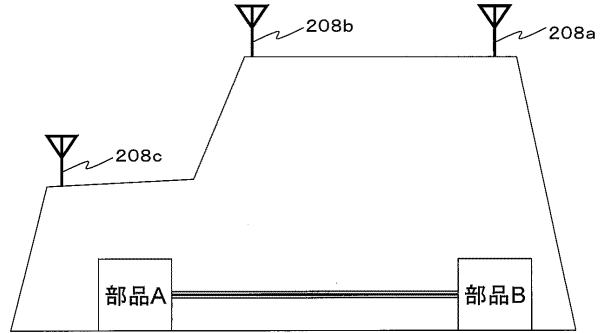


図14

【 図 1 5 】

番号	部品A	部品B	コスト	個数	配線経路	規格1	規格2	規格3
1	A01	A02	20000	20	1	OK	NG	NG
					2	OK	NG	OK
					3	NG	OK	OK
2	A01	B02	30000	40	1	OK	OK	OK
					2	OK	NG	OK
					3	OK	OK	OK
3	B01	C02	40000	30	1	OK	NG	NG
					2	OK	OK	OK
					3	NG	OK	OK

図15

【 図 1 6 】

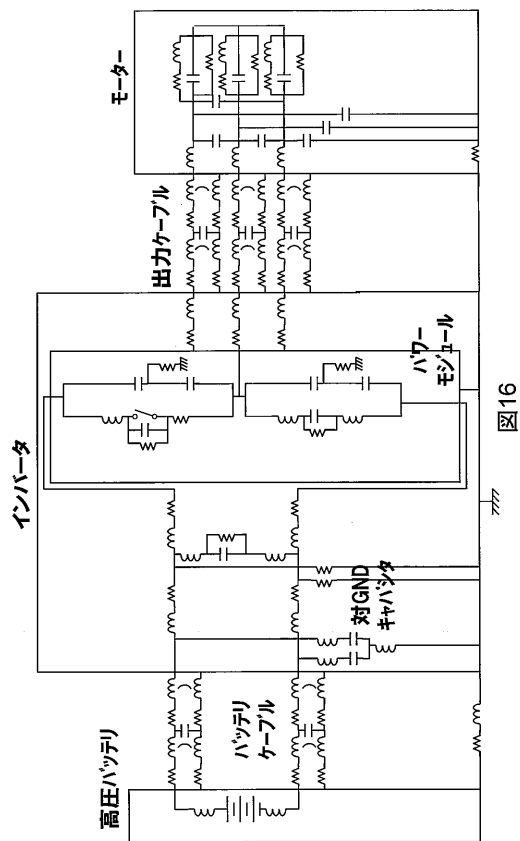


図16

フロントページの続き

(72)発明者 土江 慶幸

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所 横浜研究所内

(72)発明者 中村 聡

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所 横浜研究所内

審査官 合田 幸裕

(56)参考文献 特開2011-13833(JP,A)

特開2010-198201(JP,A)

特開2003-6260(JP,A)

特開2005-339003(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06F 17/50

G01R 29/08

IEEE Xplore

CiNii

JSTPlus(JDreamIII)