(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年6月11日(11.06.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/116017 A1

(51) 国際特許分類:
B29C 70/54 (2006.01) *B29C 70/88* (2006.01)
B29C 70/06 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/039583

(22) 国際出願日： 2019年10月8日(08.10.2019)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2018-228482 2018年12月5日(05.12.2018) JP

(71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (**MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.**) [JP/JP]; 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 橋爪 良輔 (**HASHIZUME, Ryosuke**); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 江崎 浩司 (**ESAKI, Kouji**); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 須原 正好 (**SUHARA, Masayoshi**); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 杉山 拓史 (**SUGIYAMA, Takushi**); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

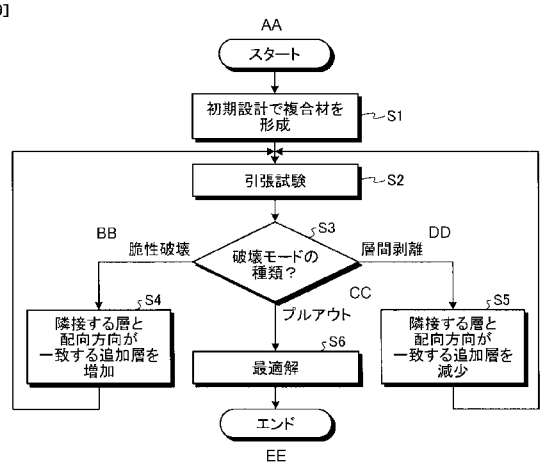
(74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (**SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE**); 〒1000013 東京都千代田区霞が関３丁目８番１号 虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) **Title:** DESIGN METHOD FOR COMPOSITE MATERIAL AND COMPOSITE MATERIAL

(54) 発明の名称： 複合材の設計方法および複合材

[図9]



S1 Form composite material with initial design
S2 Tensile test
S3 Type of fracture mode?
S4 Increase additional layers having alignment direction matching that of adjacent layer
S5 Decrease additional layers having alignment direction matching that of adjacent layer
S6 Optimal solution
AA Start
BB Brittle fracture
CC Pull out
DD Inter-layer peeling
EE End

(57) **Abstract:** This design method for a composite material comprises: a test step (step S2) in which a load is applied to the composite material to identify a fracture mode, from among fracture modes including a pull-out mode and modes other than the pull-out mode, in which a reinforced section is caused to fracture; and a layer configuration modifying step (steps S4 and S5) in which the composite material is formed by modifying a number of added layers and an alignment direction of reinforcing fibers in accordance with the identified fracture mode. The test step and the layer configuration modifying step are repeated until the fracture mode becomes the pull-out mode, thereby optimizing the layer configuration of the composite material layers in the reinforced section.

WO 2020/116017 A1

[続葉有]

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約:複合材の設計方法は、複合材に荷重を付加して、補強部が、プルアウトモードとプルアウトモード以外のモードとを含む破壊モードのいずれで破壊されるかを特定する試験ステップ(ステップＳ２)と、特定された破壊モードに応じて追加層の積層数および前記強化繊維の配向方向を変更した前記複合材を形成する積層構成変更ステップ(ステップＳ４、Ｓ５)と、を備え、破壊モードがプルアウトモードとなるまで、試験ステップと積層構成変更ステップとを繰り返し実行して、補強部における複合材料層の積層構成を最適化する。

明　細　書

発明の名称 ： 複合材の設計方法および複合材

技術分野

[0001] 本発明は、複合材の設計方法および複合材に関する。

背景技術

[0002] 従来、強化繊維を含む複合材料層を複数積層して形成される複合材に関する技術が知られている。例えば、特許文献１には、航空機の主翼に適用される複合材構造体が開示されている。この複合材構造体では、主翼に設けられるアクセスホールの周辺領域における引張剛性、圧縮剛性を、他領域における引張剛性、圧縮剛性よりも小さくすることで、引張荷重、圧縮荷重を他領域で主として負担させて、アクセスホールの周辺領域の補強を少なくしている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第２０１２／１０５６９１号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記特許文献１に記載された航空機に適用される複合材では、例えばアクセスホールといった応力集中が生じやすい箇所の周囲において、複合材料層の間に追加層を積層し、板厚を増加させた補強部を形成することで、強度を向上させることが一般的である。しかしながら、補強部について所望の強度を得るための積層構成、すなわち追加層の積層数および強化繊維の配向方向の構成については、なお改善の余地がある。

[0005] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、通常部から延びる複合材料層の間に複合材料層の追加層を積層して形成された補強部を有する複合材について、補強部の耐荷重性能をより向上させることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、強化繊維を含む複合材料層が複数積層されて形成された通常部と、貫通孔の周囲に設けられ、前記通常部から延びる前記複合材料層の間に前記複合材料層の追加層を積層して形成された補強部とを有する複合材の設計方法であって、前記複合材に荷重を付加して、前記補強部が、プルアウトモードと前記プルアウトモード以外のモードとを含む破壊モードのいずれで破壊されるかを特定する試験ステップと、特定された前記破壊モードに応じて前記追加層の積層数および前記強化繊維の配向方向を変更した前記複合材を形成する積層構成変更ステップと、を備え、前記破壊モードが前記プルアウトモードとなるまで、前記試験ステップと前記積層構成変更ステップとを繰り返し実行して、前記補強部における前記複合材料層の積層構成を最適化することを特徴とする。

[0007] この構成により、試験ステップで特定される補強部の破壊モードが、最も強度が高いプルアウトモードになるまで、追加層の積層数および強化繊維の配向方向を変更して、補強部の積層構成を最適化することができる。したがって、本発明によれば、通常部から延びる複合材料層の間に複合材料層の追加層を積層して形成された補強部を有する複合材について、補強部の耐荷重性能をより向上させることが可能となる。

[0008] また、前記破壊モードは、脆性破壊モードと、層間剥離モードとを含み、前記積層構成変更ステップは、前記破壊モードが脆性破壊モードである場合、隣接する前記複合材料層と前記配向方向が一致する前記追加層が増加する傾向に、前記積層数および前記配向方向を変更することが好ましい。

[0009] この構成により、脆性破壊モードの発生を抑制し、破壊モードをプルアウトモードに近づけて、補強部の耐荷重性能を高めることが可能となる。

[0010] また、前記破壊モードは、脆性破壊モードと、層間剥離モードとを含み、前記積層構成変更ステップは、前記破壊モードが層間剥離モードである場合、隣接する前記複合材料層と前記配向方向が一致する前記追加層が減少する傾向に、前記積層数および前記配向方向を変更することが好ましい。

[0011] この構成により、層間剥離モードの発生を抑制し、破壊モードをプルアウ

トモードに近づけて、補強部の耐荷重性能を高めることが可能となる。

[0012] また、前記積層構成変更ステップは、前記破壊モードが脆性破壊モードである場合、前記配向方向が荷重方向と一致する前記複合材料層に隣接させて、前記配向方向が前記荷重方向である前記追加層を、少なくとも１つ積層することが好ましい。

[0013] この構成により、配向方向が荷重方向と一致する追加層を積層するため、補強部の荷重に対する靭性を効果的に高めることができる。その結果、追加層の積層数の増加を抑制しつつ、脆性破壊の発生を抑制して補強部の耐荷重性能を効果的に高めることが可能となる。

[0014] また、前記積層構成変更ステップは、前記破壊モードが脆性破壊モードである場合、すべての前記複合材料層の間に、隣接する前記複合材料層と前記配向方向が一致する前記追加層を積層することが好ましい。

[0015] この構成により、脆性破壊の発生を良好に抑制し、補強部の耐荷重性能を高めることが可能となる。

[0016] また、複数の前記複合材料層は、荷重方向を０°としたとき、前記配向方向が０°、＋４５°、－４５°、９０°であるものを積層した疑似等方積層により積層されており、前記積層構成変更ステップは、前記破壊モードが脆性破壊モードである場合、前記配向方向が９０°以外の前記複合材料層に隣接させて、前記配向方向が９０°以外の前記追加層を積層することが好ましい。

[0017] この構成により、配向方向が９０°の層に比べて、荷重分担の寄与率が相対的に高い配向方向が０°、４５°、－４５°の追加層を積層することで、補強部の荷重に対する靭性を効果的に高めることができる。その結果、追加層の積層数の増加を抑制しつつ、補強部の耐荷重性能を効果的に高めることが可能となる。

[0018] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、強化繊維を含む複合材料層が複数積層されて形成された通常部と、貫通孔の周囲に設けられ、前記通常部から延びる前記複合材料層の間に前記複合材料層の追加層を

積層して形成された補強部とを有する複合材であって、前記補強部は、前記強化繊維の配向方向が主として作用する荷重方向と一致する前記複合材料層に隣接して、前記配向方向が前記荷重方向と一致する前記追加層が、少なくとも１つ積層されていることを特徴とする。

[0019] この構成により、配向方向が荷重方向と一致する追加層を積層するため、荷重に対する靭性を効果的に高めることができる。また、脆性破壊モードの発生を抑制し、破壊モードをプルアウトモードに近づけて、補強部の耐荷重性能を高めることが可能となる。したがって、本発明によれば、通常部から延びる複合材料層の間に複合材料層の追加層を積層して形成された補強部を有する複合材について、補強部の耐荷重性能をより向上させることが可能となる。

[0020] また、前記補強部は、すべての前記複合材料層の間に、隣接する前記複合材料層と前記配向方向が一致する前記追加層が積層されていることが好ましい。

[0021] この構成により、脆性破壊の発生を良好に抑制し、補強部の耐荷重性能を高めることが可能となる。

[0022] また、複数の前記複合材料層は、前記荷重方向を０°としたとき、前記配向方向が０°、＋４５°、－４５°、９０°であるものを積層した疑似等方積層により積層されており、前記補強部は、前記配向方向が９０°以外の前記複合材料層に隣接して、前記配向方向が９０°以外の前記追加層が積層されていることが好ましい。

[0023] この構成により、配向方向が９０°の層に比べて、荷重分担の寄与率が相対的に高い配向方向が０°、４５°、－４５°の追加層を積層することで、補強部の荷重に対する靭性を効果的に高めることができる。その結果、追加層の積層数の増加を抑制しつつ、補強部の耐荷重性能を効果的に高めることが可能となる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]図１は、実施形態にかかる複合材の一例を示す平面図である。

[図2]図２は、図１のＡ－Ａ線に沿った断面図である。

[図3]図３は、実施形態にかかる複合材の他の構成例を示す断面図である。

[図4]図４は、実施形態にかかる複合材の各複合材料層が有する強化繊維の配向方向を示す説明図である。

[図5]図５は、補強部の他の積層構成の例を示す説明図である。

[図6]図６は、補強部の他の積層構成の例を示す説明図である。

[図7]図７は、複合材の積層構成の他の例を示す説明図である。

[図8]図８は、複合材の積層構成の他の例を示す説明図である。

[図9]図９は、実施形態にかかる複合材の設計方法の一例を示すフローチャートである。

[図10]図１０は、実施形態にかかる複合材の他の構成を示す平面図である。

発明を実施するための形態

[0025] 以下に、本発明にかかる複合材の設計方法および複合材の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0026] 図１は、実施形態にかかる複合材の一例を示す平面図であり、図２は、図１のＡ－Ａ線に沿った断面図である。図１および図２に示す複合材１００は、例えば主翼や機体の外板といった航空機の種々の部分に適用される繊維強化複合材である。なお、複合材１００は、航空機以外の設備に適用されるものであってもよい。複合材１００は、図２に示すように、複数の複合材料層１０を積層して形成されている。各複合材料層１０は、所定の配向方向に沿って延びる強化繊維（例えば炭素繊維等）に、マトリックス樹脂を含浸させたものである。なお、本実施形態において、複合材１００は、図２に示すように、中心線Ｌを基準に図中上下対称構造に形成されている。

[0027] 複合材１００は、貫通孔１００ａを備えている。貫通孔１００ａは、図１および図２に示すように、複合材１００を貫通する孔部であり、例えばアクセスホール等として用いられる。また、複合材１００は、通常部１０１と、補強部１０２とを備えている。通常部１０１は、図２に示すように、複数の

複合材料層１０が積層して形成された部分である。ここでは、通常部１０１を構成する複合材料層１０を「ベース層２０」と称する。本実施形態において、通常部１０１は、図２に示すように、外層側から内層側（中心線Ｌ側）にかけて、４つのベース層２１、２２、２３、２４がこの順番に積層されている。

[0028] 一方、補強部１０２は、貫通孔１００ａの周囲領域において、通常部１０１よりも板厚を増加させた部分として設けられている。補強部１０２は、図２に示すように、通常部１０１から延びるベース層２０に隣接させて、複合材料層１０を追加した追加層３０を有している。すなわち、各ベース層２０の間に、追加層３０が積層されている。それにより、補強部１０２は、通常部１０１よりも板厚が増加する。本実施形態において、ベース層２０と追加層３０とは、同じ厚さであるものとする。なお、図２に示すように、各追加層３０の端部とベース層２０との間には、マトリックス樹脂のみが存在する領域４０が存在する。

[0029] 本実施形態において、追加層３０は、図２に示すように、外層側から内層側（中心線Ｌ側）にかけて、追加層３１、３２、３３、３４の順に積層されている。すなわち、補強部１０２は、外層側から内層側（中心線Ｌ側）にかけて、ベース層２１、追加層３１、ベース層２２、追加層３２、ベース層２３、追加層３３、ベース層２４、追加層３４の順に積層されて形成される。このように、通常部１０１よりも板厚を増加させた補強部１０２を設けることで、応力集中が生じやすい貫通孔１００ａの周囲領域の強度を向上させることができる。

[0030] 図２に示す例において、複合材１００は、中心線Ｌを基準に図中上下対称構造に形成されているが、複合材１００の形状は、これに限られない。図３は、実施形態にかかる複合材の他の構成例を示す断面図である。図３に示す例では、複合材１００は、図２に示す複合材１００と各複合材料層１０が同じ積層構成となっている。ただし、図３に示す例では、複合材１００は、図中下側のベース層２１が平滑に延在する。そして、補強部１０２は、図３に

示すように、図中下側のベース層２１に対して図中上側に向けて板厚が増加するように、追加層３１、３２、３３、３４が積層されている。これにより、複合材１００が翼や機体の外板といった航空機の外面を構成する部材に適用される場合に、図３中の下側に位置する平滑なベース層２１を用いて、航空機の外面（空力面）を平滑にすることができる。

[0031] また、本実施形態において、各複合材料層１０は、一般的な複合材に用いられる複合材料層よりも薄層化されている。各複合材料層１０は、例えば０．０３ｍｍ以上０．１ｍｍ以下の範囲の厚さである。このように、各複合材料層１０を薄層化することで、複合材１００に荷重が作用したときに、強化繊維の配向方向が異なる隣接層によって、クラック先端の開口変形抑制効果が得られる。その結果、初期損傷（亀裂）を抑制することができるため、複合材１００の強度が向上する。ただし、初期損傷の抑制を図ることで、貫通孔１００ａの周囲領域において、損傷の発生による応力再分配現象が生じない、すなわち応力集中が緩和されない場合がある。その結果、例えば、図２および図３において白抜き矢印で示すように複合材１００に荷重方向Ｇの引張荷重が作用したとき、貫通孔１００ａの周囲領域において脆性破壊が生じやすくなり、所望の耐荷重性能を得られない可能性がある。

[0032] 本実施形態の複合材１００は、貫通孔１００ａの周囲領域において脆性破壊が生じることを抑制し、所望の耐荷重性能を得ることを目的に、各複合材料層１０の積層構成が設計されている。以下、所望の耐荷重性能を得るための複合材１００の積層構成について、図２から図４を参照しながら説明する。図４は、実施形態にかかる複合材の各複合材料層が有する強化繊維の配向方向を示す説明図である。

[0033] 複合材１００には、例えば航空機に適用された状態において、図２および図３に白抜き矢印で示す荷重方向Ｇの荷重が主として作用するものとする。本実施形態において、荷重方向Ｇは、引張荷重である。ここでは、荷重方向Ｇに沿った方向を０°と定義する。本実施形態において、複合材１００は、強化繊維の配向方向が０°、＋４５°、－４５°、９０°である複合材料層

１０（ベース層２０および追加層３０）を積層した、疑似等方積層により積層されている。なお、＋４５°、－４５°とは、強化繊維の配向方向が０°に対して４５°の角度を成す方向に延びることを意味し、９０°とは、強化繊維の配向方向が０°に対して直交する方向に延びることを意味する。

[0034] 通常部１０１は、図４に示すように、４５°、９０°、－４５°、０°の積層構成を、中心線Ｌを基準として反転して繰り返す、［４５／９０／－４５／０］$_s$の積層構成で形成されている。すなわち、通常部１０１は、ベース層２１の強化繊維の配向方向が４５°、ベース層２２の強化繊維の配向方向が９０°、ベース層２３の強化繊維の配向方向が－４５°、ベース層２４の強化繊維の配向方向が０°とされている。

[0035] 一方、補強部１０２は、図４に示すように、４５°、４５°、９０°、９０°、－４５°、－４５°、０°、０°の積層構成を、中心線Ｌを基準として反転して繰り返す、［45_2／90_2／-45_2／0_2］$_s$の積層構成で形成されている。すなわち、ベース層２１と、ベース層２１に隣接して積層される追加層３１の強化繊維の配向方向が４５°である。また、ベース層２２と、ベース層２２に隣接して積層される追加層３２の強化繊維の配向方向が９０°である。また、ベース層２３と、ベース層２３に隣接して積層される追加層３３の強化繊維の配向方向が－４５°である。また、ベース層２４と、ベース層２４に隣接して積層される追加層３４の強化繊維の配向方向が０°である。したがって、補強部１０２は、各ベース層２０に隣接して積層される追加層３０が、当該隣接するベース層２０と、強化繊維の配向方向が同じものとされている。なお、ここでの「隣接する」とは、追加層３０の一方側において隣接することを意味している。

[0036] この構成により、すべてのベース層２０の間に、当該ベース層２０と強化繊維の配向方向が同じ追加層３０を積層するため、貫通孔１００ａの周囲領域での初期損傷を最も許容させることができる。初期損傷の発生により即座に貫通孔１００ａの周囲領域で脆性破壊による破断に至ることはなく、初期損傷により貫通孔１００ａの周囲領域の剛性が低下し、応力集中が緩和され

る。その結果、貫通孔１００ａの周囲領域で脆性破壊が発生することを抑制する（破局的な全体崩壊を遅らせる）ことができ、補強部１０２の耐荷重性能を高めることが可能となる。

[0037] また、補強部１０２の積層構成は、図２から図４に示すものに限られない。図５および図６は、補強部の他の積層構成の例を示す説明図である。図５に示す例では、補強部１０２は、４５°、９０°、－４５°、０°、０°の積層構成を、中心線Ｌを基準として反転して繰り返す、［４５／９０／－４５／０_2］$_s$の積層構成で形成されている。つまり、強化繊維の配向方向が０°であるベース層２４に隣接させて、強化繊維の配向方向が０°である追加層３４のみを追加で積層した構成である。

[0038] この構成により、少なくとも、強化繊維の配向方向が荷重方向Ｇと一致するベース層２４に隣接させて、強化繊維の配向方向が荷重方向Ｇと一致する追加層３４を積層することで、補強部１０２の荷重に対する靭性を効果的に高めることができる。また、上述したように、貫通孔１００ａの周囲領域での初期損傷を許容させて、応力集中を緩和させ、脆性破壊の発生を抑制することができる。したがって、追加層３０の積層数の増加を抑制しつつ（補強部１０２の板厚増加を抑制しつつ）、補強部１０２の耐荷重性能を効果的に高めることが可能となる。

[0039] また、図６に示す例では、補強部１０２は、４５°、４５°、９０°、－４５°、－４５°、０°、０°の積層構成を、中心線Ｌを基準として反転して繰り返す、［４５_2／９０／$－４５_2$／０_2］$_s$の積層構成で形成されている。つまり、強化繊維の配向方向が９０°以外であるベース層２１、２３、２４に隣接させて、強化繊維の配向方向が９０°以外である追加層３１、３３、３４を追加で積層した構成である。より詳細には、４５°のベース層２１に隣接させて４５°である追加層３１を積層し、－４５°のベース層２３に隣接させて－４５°である追加層３３を積層し、０°のベース層２４に隣接させて０°の追加層３４を積層した構成である。すなわち、強化繊維の配向配向が９０°以外のベース層２０に隣接させて、配向方向が９０°以外の追

加層３０を積層する。

[0040] この構成により、配向方向が９０°の層に比べて、荷重分担の寄与率が相対的に高い配向方向が０°、４５°、－４５°の追加層３０を積層することで、補強部１０２の荷重に対する靭性を効果的に高めることができる。また、上述したように、貫通孔１００ａの周囲領域での初期損傷を許容させて、応力集中を緩和させ、脆性破壊の発生を抑制することができる。したがって、追加層３０の積層数の増加を抑制しつつ（補強部１０２の板厚増加を抑制しつつ）、補強部１０２の耐荷重性能を効果的に高めることが可能となる。

[0041] 以上説明したように、実施形態にかかる複合材１００によれば、通常部から延びる複合材料層の間に複合材料層の追加層を積層して形成された補強部を有する複合材について、補強部の耐荷重性能をより向上させることが可能となる。

[0042] なお、通常部１０１において、強化繊維の配向方向が０°であるベース層２０が複数ある場合、強化繊維の配向方向が０°であるベース層２０のすべてに隣接させて、強化繊維の配向方向が０°である追加層３０を積層する必要はない。図７および図８は、複合材の積層構成の他の例を示す説明図である。図７および図８では、中心線Ｌに対する片側のみを記載している。図７に示す例のように、通常部１０１が［４５／９０／－４５$_2$／０$_3$／４５／０］$_s$の積層構成である場合において、補強部１０２は、一部の０°のベース層２０に隣接させて、０°の追加層３０のみを積層した［４５／９０／－４５$_2$／０$_4$／４５／０$_2$］$_s$の積層構成で形成されてもよい。また、同様に、図８に示す例のように、通常部１０１が［４５／９０／－４５$_2$／０$_3$／４５／０］$_s$の積層構成である場合において、補強部１０２は、一部の０°のベース層２０に隣接させて０°の追加層３０を積層し、かつ、４５°、－４５°のベース層２０に隣接させて４５°、－４５°の追加層３０を積層した［４５$_2$／９０／－４５$_4$／０$_4$／４５$_2$／０$_2$］$_s$の積層構成で形成されてもよい。

[0043] また、本実施形態では、複合材１００を、０°、＋４５°、－４５°、９０°の複合材料層１０（ベース層２０および追加層３０）を積層した、疑似

等方積層により積層するものとした。ただし、複合材１００は、少なくとも、荷重方向Ｇに沿った配向方向（実施形態では０°）のベース層２０を一つ含むものでさえあれば、疑似等方積層以外のいかなる積層により形成されてもよい。そして、補強部１０２は、荷重方向Ｇに沿った配向方向のベース層２０に隣接させて、荷重方向Ｇに沿った配向方向の追加層３０が、少なくとも一つ設けられるものであればよい。

[0044] 次に、実施形態にかかる複合材の設計方法について説明する。図９は、実施形態にかかる複合材の設計方法の一例を示すフローチャートである。ここでは、複合材１００の通常部１０１が図４の積層構成である例を考える。設計者は、まず、ステップＳ１として、初期設計で複合材１００を形成する。初期設計では、例えば、追加層３０の積層構成を任意に設定することができる。なお、初期設計では、追加層３０を積層せず、補強部１０２を形成しない（補強部１０２と通常部１０１との板厚を同じとする）ものとしてもよい。

[0045] 次に、設計者は、ステップＳ２として、形成した複合材１００に引張試験を行う（試験ステップ）。引張試験は、図２および図３に示すように、複合材１００に荷重方向Ｇの引張荷重を作用させ、貫通孔１００ａの周囲領域において、いかなる破壊モードで破壊されるかを特定する。複合材の耐荷重性能として、荷重が作用した場合にいかなる破壊モードで破壊されるかを評価する手法がある。破壊モードとしては、脆性（Ｂｒｉｔｔｌｅ）破壊モード、層間剥離（Ｄｅｌａｍｉｎａｔｉｏｎ）モード、プルアウト（Ｐｕｌｌ－ｏｕｔ）モードがある。脆性破壊モードは、各複合材料層１０が面内亀裂の進展により脆性破壊するモードである。層間剥離モードは、隣接する複合材料層１０同士が剥離するモードである。プルアウトモードは、脆性破壊モードと層間剥離モードとの中間の破壊モードであり、面内亀裂の進展と層間剥離との相互作用によって、複合材１００を構成する各層が複合材１００から引き抜けたように、破断部が不均一なジグザグ状となる。プルアウトモードでの破壊が最も耐荷重性能が良好である。

[0046] 次に、設計者は、ステップＳ３として、引張試験で特定された破壊モードがいかなる種類であったかを判定する。そして、設計者は、引張試験で特定された破壊モードに応じて、追加層３０の積層数および強化繊維の配向方向を変更した複合材を形成する積層構成変更ステップ（ステップＳ４、Ｓ５）またはステップＳ６のいずれかに進む。

[0047] 設計者は、まず、ステップＳ３において、破壊モードが脆性破壊モードであると判定した場合、ステップＳ４として、隣接するベース層２０と強化繊維の配向方向が一致する追加層３０が増加する傾向に、追加層３０の積層数および配向方向を変更して、新たに複合材１００を形成する（積層構成変更ステップ）。

[0048] ステップＳ４での積層構成の変更には、種々の手法を用いることができる。例えば、図２から図４に示すように、すべてのベース層２０（ベース層２１、２２、２３、２４）の間に、隣接するベース層２０と強化繊維の配向方向が一致する追加層３０（追加層３１、３２、３３、３４）を積層してもよい。また、図５に示すように、強化繊維の配向方向が０°であるベース層２４に隣接させて、強化繊維の配向方向が０°である追加層３４を積層してもよい。また、図６に示すように、複合材１００が疑似等方積層により形成されている場合において、強化繊維の配向方向が９０°以外のベース層２１、２３、２４に隣接させて、強化繊維の配向方向が９０°以外の追加層３１、３３、３４を積層してもよい。なお、上述したように、通常部１０１において、強化繊維の配向方向が０°であるベース層２０が複数ある場合、強化繊維の配向方向が０°であるベース層２０のすべてに隣接させて、強化繊維の配向方向が０°である追加層３０を積層する必要はない（図７および図８の例参照）。

[0049] 一方、設計者は、ステップＳ３において、破壊モードが層間破壊モードと判定した場合、ステップＳ５として、隣接するベース層２０と強化繊維の配向方向が一致する追加層３０が減少する傾向に、追加層３０の積層数および配向方向を変更して、新たに複合材１００を形成する（積層構成変更ステッ

プ）。

[0050] ステップＳ５での積層構成の変更には、種々の手法を用いることができる。例えば図４に示す積層構成において、強化繊維の配向方向が０°であるベース層２４に隣接した追加層３４を取り除いてもよい。また、例えば図４に示す積層構成において、強化繊維の配向方向が０°以外であるベース層２１、２２、２３に隣接した追加層３１、３２、３３のいずれかを取り除いてもよい。また、例えば図４に示す積層構成において、強化繊維の配向方向が９０°以外のベース層２１、２３、２４に隣接した追加層３１、３３、３４のいずれかを取り除いてもよい。また、図４に示す積層構成において、強化繊維の配向方向が９０°のベース層２２に隣接した追加層３２を取り除いてもよい。

[0051] 設計者は、ステップＳ５、Ｓ６で積層構成を変更した複合材１００を形成すると、ステップＳ２に戻り、再び引張試験を実行し、破壊モードに応じて（ステップＳ３）、ステップＳ４、Ｓ５のいずれかに進む。すなわち、ステップＳ２からステップＳ５の処理を繰り返し実行する。そして、ステップＳ３において、破壊モードがプルアウトモードと判定された場合には、ステップＳ６として、プルアウトモードで破壊した複合材１００の構成が最適解であると判定し、本処理を終了する。

[0052] 以上説明したように、実施形態にかかる複合材の設計方法は、複合材１００に荷重を付加して、補強部１０２が、プルアウトモードとプルアウトモード以外のモードとを含む破壊モードのいずれで破壊されるかを特定する試験ステップ（ステップＳ２）と、特定された破壊モードに応じて追加層３０の積層数および強化繊維の配向方向を変更した複合材を形成する積層構成変更ステップ（ステップＳ４、Ｓ５）と、を備え、破壊モードがプルアウトモードとなるまで、試験ステップと積層構成変更ステップとを繰り返し実行して、補強部における複合材料層の積層構成を最適化する。

[0053] この構成により、試験ステップで特定される補強部１０２の破壊モードが、最も強度が高いプルアウトモードになるまで、追加層３０の積層数および

強化繊維の配向方向を変更して、補強部１０２の積層構成を最適化することができる。したがって、実施形態にかかる複合材の設計方法によれば、通常部１０１から延びる複合材料層１０の間に複合材料層１０の追加層３０を積層して形成された補強部１０２を有する複合材について、補強部１０２の耐荷重性能をより向上させることが可能となる。また、このように、補強部１０２の積層構成の最適化を図ることで、追加層３０の積層数の削減を図ることができ、複合材１００の軽量化をも図ることが可能となる。

[0054] また、破壊モードは、脆性破壊モードと、層間剥離モードとを含み、積層構成変更ステップは、破壊モードが脆性破壊モードである場合、隣接するベース層２０と配向方向が一致する追加層３０が増加する傾向に、積層数および配向方向を変更する（ステップＳ４）。

[0055] この構成により、強化繊維の配向方向が一致し、隣接するベース層２０および追加層３０が増加するため、貫通孔１００ａの周囲領域における初期損傷を許容する方向、つまり、貫通孔１００ａの周囲領域での応力緩和が得られる方向に、積層構成を変更することが可能となる。その結果、脆性破壊モードの発生を抑制し、破壊モードをプルアウトモードに近づけて、補強部１０２の耐荷重性能を高めることが可能となる。

[0056] また、破壊モードは、脆性破壊モードと、層間剥離モードとを含み、積層構成変更ステップは、破壊モードが層間剥離モードである場合、隣接する複合材料層１０と配向方向が一致する追加層３０が減少する傾向に、積層数および配向方向を変更する（ステップＳ５）。

[0057] この構成により、強化繊維の配向方向が一致し、隣接するベース層２０および追加層３０が減少するため、貫通孔１００ａの周囲領域における初期損傷を許容しない方向に、積層構成を変更することが可能となる。それにより、破壊モードが層間剥離モードから脆性破壊モードに近づくことになる。その結果、層間破壊モードの発生を抑制し、破壊モードをプルアウトモードに近づけて、補強部１０２の耐荷重性能を高めることが可能となる。

[0058] また、積層構成変更ステップは、破壊モードが脆性破壊モードである場合

、配向方向が荷重方向と一致する複合材料層１０に隣接させて、配向方向が荷重方向である追加層３０を、少なくとも１つ積層する。

[0059] この構成により、配向方向が荷重方向と一致する追加層３０を積層するため、荷重に対する靭性を効果的に高めることができる。その結果、追加層３０の積層数の増加を抑制しつつ、脆性破壊の発生を抑制して補強部１０２の耐荷重性能を効果的に高めることが可能となる。

[0060] また、積層構成変更ステップは、破壊モードが脆性破壊モードである場合、すべての複合材料層１０の間に、隣接する複合材料層１０と配向方向が一致する追加層３０を積層する。

[0061] この構成により、すべての複合材料層１０の間に追加層３０を積層するため、貫通孔１００ａの周囲領域での初期損傷を最も許容させることができる。その結果、貫通孔１００ａの周囲領域において、応力集中が緩和されるため、脆性破壊の発生が抑制され、補強部１０２の耐荷重性能を高めることが可能となる。

[0062] また、複数の複合材料層１０は、荷重方向を０°としたとき、配向方向が０°、＋４５°、－４５°、９０°であるものを積層した疑似等方積層により積層されており、積層構成変更ステップは、破壊モードが脆性破壊モードである場合、配向方向が９０°以外の複合材料層１０に隣接させて、配向方向が９０°以外の追加層３０を積層する。

[0063] この構成により、配向方向が９０°の層に比べて、荷重分担の寄与率が相対的に高い配向方向が０°、４５°、－４５°の追加層３０を積層することで、補強部１０２の荷重に対する靭性を効果的に高めることができる。したがって、追加層３０の積層数の増加を抑制しつつ（補強部１０２の板厚増加を抑制しつつ）、補強部１０２の耐荷重性能を効果的に高めることが可能となる。

[0064] なお、本実施形態では、破壊モードが脆性破壊モードである場合、隣接するベース層２０と配向方向が一致する追加層３０が増加する傾向に、補強部１０２の積層数および配向方向を変更するものとした。ただし、破壊モード

をプルアウトモードに近づけることができれば、隣接するベース層２０と異なる配向方向の追加層３０を複数積層してもよい。例えば、９０°のベース層２０と４５°のベース層２０との間に、０°の追加層３０を複数積層すること等が考えられる。

[0065] また、本実施形態では、複合材１００が、１つの貫通孔１００ａに対応して１つの補強部１０２を有するものとした。ただし、補強部１０２は、複数の貫通孔１００ａに対応して設けられてもよい。図１０は、実施形態にかかる複合材の他の例を示す説明図である。図示するように、複合材２００は、複数の貫通孔２００ａと、複数の貫通孔２００ａの周囲領域において、通常部２０１よりも板厚を増加させた補強部２０２を有している。このような補強部２０２においても、上述した補強部１０２と同様の手法により、追加層３０の積層構成を設計することができる。

[0066] また、本実施形態では、複合材１００の各複合材料層１０が例えば０．０３ｍｍ以上０．１ｍｍ以下の範囲の厚さである薄層化されたものとした。ただし、複合材料層１０は、０．１ｍｍ以上であってもよい。このように、各複合材料層１０を薄層化しない場合であっても、貫通孔１００ａの周囲における応力集中の緩和（初期損傷の許容の程度）を考慮して、複合材１００の積層構成を設計することで、補強部１０２の耐荷重性能を良好に向上させることが可能となる。

[0067] また、本実施形態では、複合材１００が貫通孔１００ａと、貫通孔１００ａの周囲領域において形成された補強部１０２を有するものとした。ただし、補強部１０２は、貫通孔１００ａのみならず、応力集中が生じやすい、いかなる領域において形成されるものであってもよい。

[0068] また、本実施形態では、荷重方向Ｇを図２および図３において白抜き矢印で示す方向とした。ただし、荷重方向Ｇは、これに限られず、複合材１００に対していずれかの方向に作用する引張荷重の方向であってもよい。

符号の説明

[0069] １０ 複合材料層

２０、２１、２２、２３、２４　ベース層

３０、３１、３２、３３、３４　追加層

１００、２００　複合材

１００ａ、２００ａ　貫通孔

１０１、２０１　通常部

１０２、２０２　補強部

Ｇ　荷重方向

Ｌ　中心線

請求の範囲

[請求項1] 強化繊維を含む複合材料層が複数積層されて形成された通常部と、貫通孔の周囲に設けられ、前記通常部から延びる前記複合材料層の間に前記複合材料層の追加層を積層して形成された補強部とを有する複合材の設計方法であって、

前記複合材に荷重を付加して、前記補強部が、プルアウトモードと前記プルアウトモード以外のモードとを含む破壊モードのいずれで破壊されるかを特定する試験ステップと、

特定された前記破壊モードに応じて前記追加層の積層数および前記強化繊維の配向方向を変更した前記複合材を形成する積層構成変更ステップと、

を備え、

前記破壊モードが前記プルアウトモードとなるまで、前記試験ステップと前記積層構成変更ステップとを繰り返し実行して、前記補強部における前記複合材料層の積層構成を最適化することを特徴とする複合材の設計方法。

[請求項2] 前記破壊モードは、脆性破壊モードと、層間剥離モードとを含み、

前記積層構成変更ステップは、前記破壊モードが脆性破壊モードである場合、隣接する前記複合材料層と前記配向方向が一致する前記追加層が増加する傾向に、前記積層数および前記配向方向を変更することを特徴とする請求項１に記載の複合材の設計方法。

[請求項3] 前記破壊モードは、脆性破壊モードと、層間剥離モードとを含み、

前記積層構成変更ステップは、前記破壊モードが層間剥離モードである場合、隣接する前記複合材料層と前記配向方向が一致する前記追加層が減少する傾向に、前記積層数および前記配向方向を変更することを特徴とする請求項１または請求項２に記載の複合材の設計方法。

[請求項4] 前記積層構成変更ステップは、前記破壊モードが脆性破壊モードである場合、前記配向方向が荷重方向と一致する前記複合材料層に隣接

させて、前記配向方向が前記荷重方向である前記追加層を、少なくとも１つ積層することを特徴とする請求項２または請求項３に記載の複合材の設計方法。

[請求項5] 前記積層構成変更ステップは、前記破壊モードが脆性破壊モードである場合、すべての前記複合材料層の間に、隣接する前記複合材料層と前記配向方向が一致する前記追加層を積層することを特徴とする請求項２から請求項４のいずれか一項に記載の複合材の設計方法。

[請求項6] 複数の前記複合材料層は、荷重方向を０°としたとき、前記配向方向が０°、＋４５°、－４５°、９０°であるものを積層した疑似等方積層により積層されており、

前記積層構成変更ステップは、前記破壊モードが脆性破壊モードである場合、前記配向方向が９０°以外の前記複合材料層に隣接させて、前記配向方向が９０°以外の前記追加層を積層することを特徴とする請求項２から請求項４のいずれか一項に記載の複合材の設計方法。

[請求項7] 強化繊維を含む複合材料層が複数積層されて形成された通常部と、貫通孔の周囲に設けられ、前記通常部から延びる前記複合材料層の間に前記複合材料層の追加層を積層して形成された補強部とを有する複合材であって、

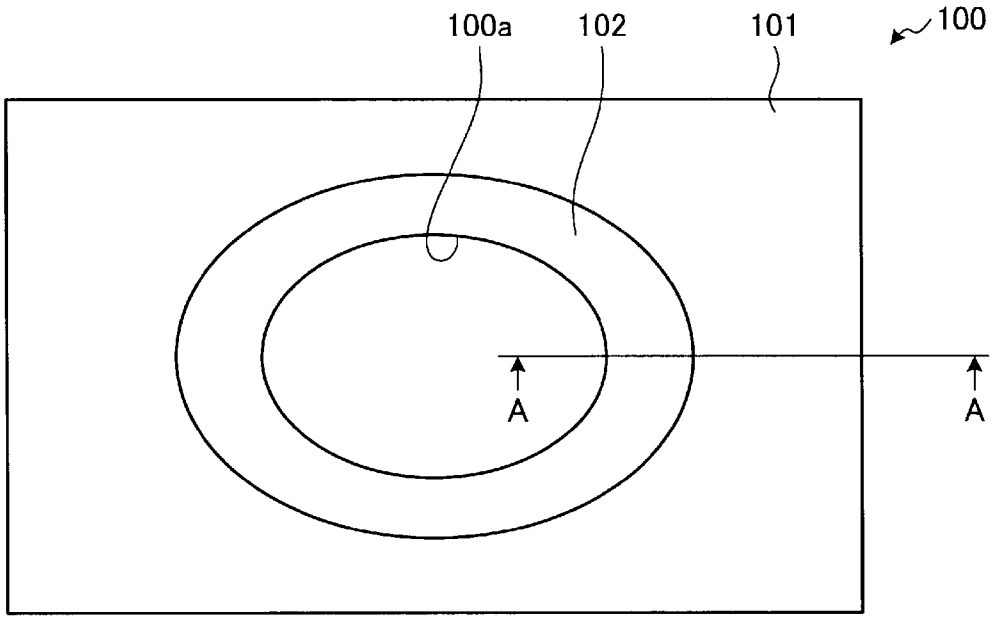
前記補強部は、主として作用する荷重方向と前記強化繊維の配向方向が一致する前記複合材料層に隣接して、前記荷重方向と前記配向方向が一致する前記追加層が、少なくとも１つ積層されていることを特徴とする複合材。

[請求項8] 前記補強部は、すべての前記複合材料層の間に、隣接する前記複合材料層と前記配向方向が一致する前記追加層が積層されていることを特徴とする請求項７に記載の複合材。

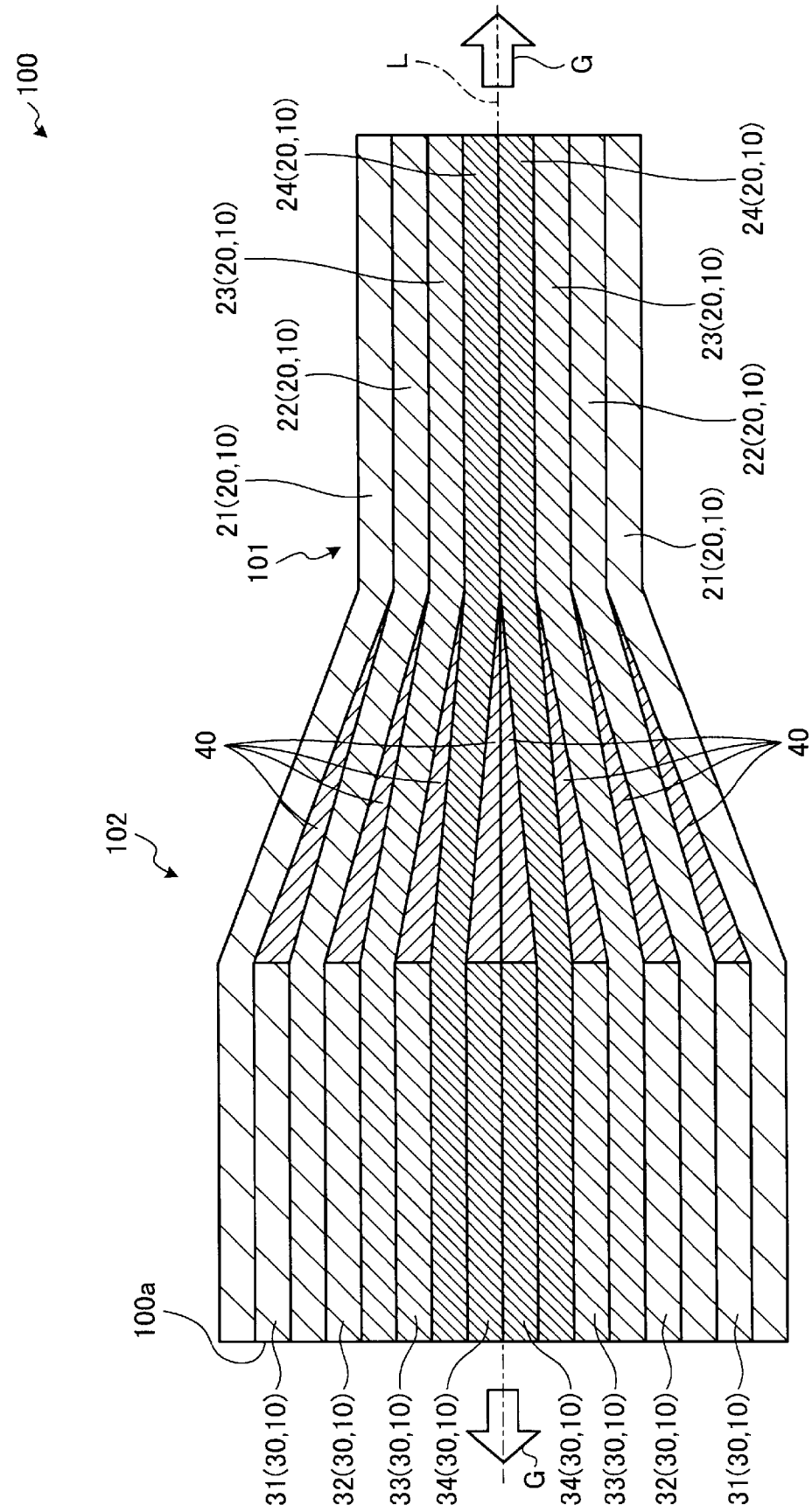
[請求項9] 複数の前記複合材料層は、前記荷重方向を０°としたとき、前記配向方向が０°、＋４５°、－４５°、９０°であるものを積層した疑似等方積層により積層されており、

前記補強部は、前記配向方向が９０°以外の前記複合材料層に隣接して、前記配向方向が９０°以外の前記追加層が積層されていることを特徴とする請求項７に記載の複合材。

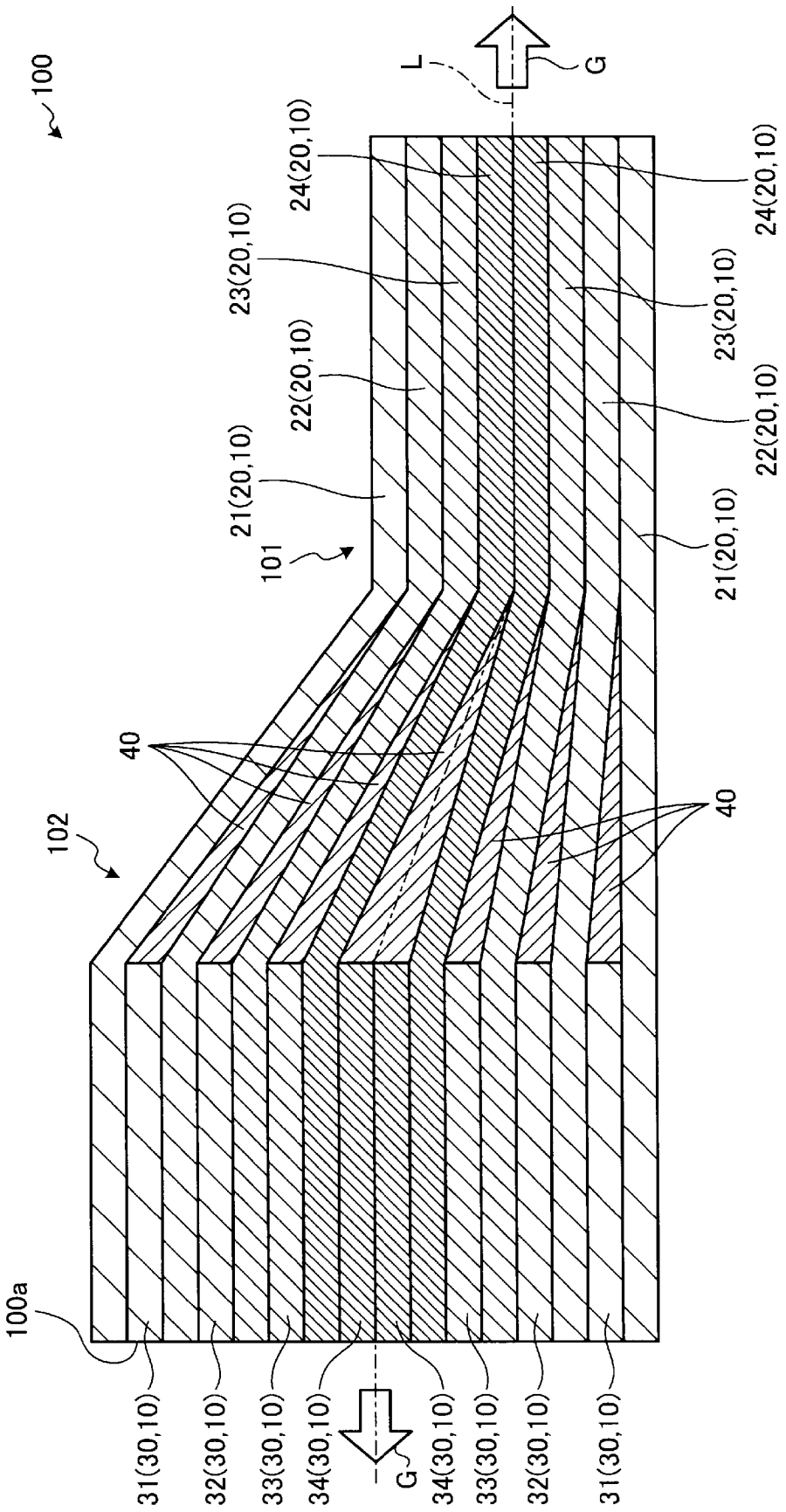
[図1]



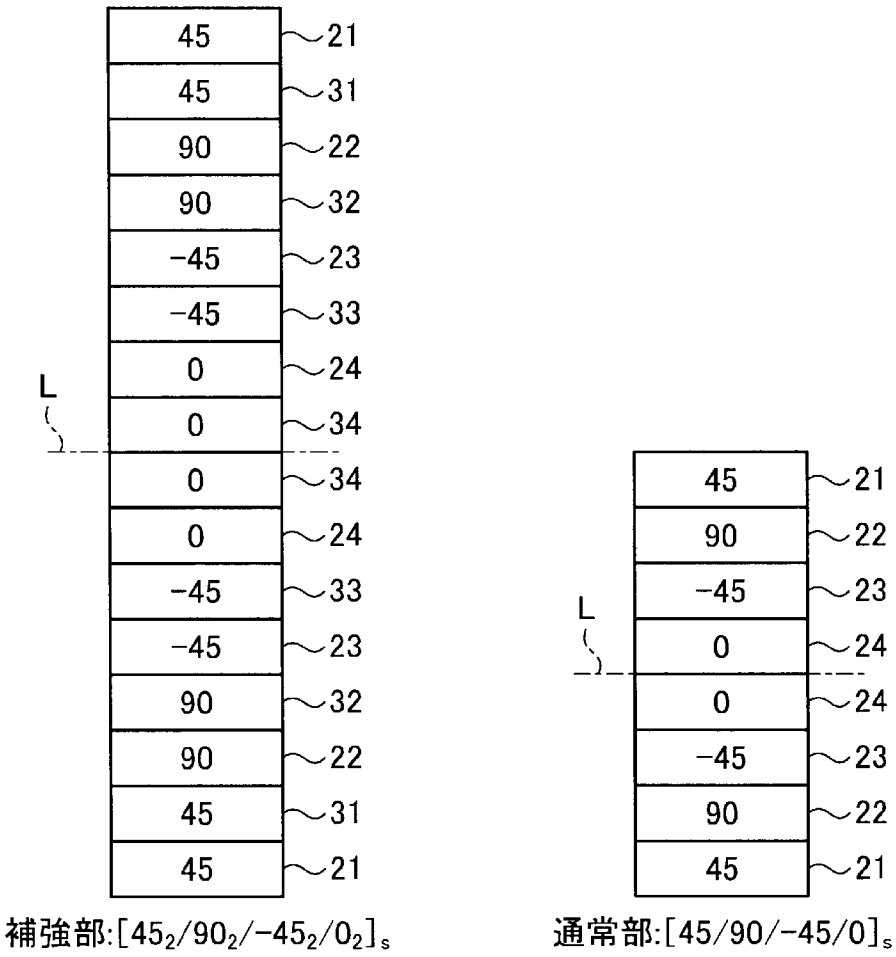
[図2]


100
L
G
24(20,10)
23(20,10)
22(20,10)
21(20,10)
101
40
102
100a
31(30,10)
32(30,10)
33(30,10)
34(30,10)

[図3]


100
L
G
24(20,10)
23(20,10)
22(20,10)
21(20,10)
101
40
102
100a
31(30,10)
32(30,10)
33(30,10)
34(30,10)

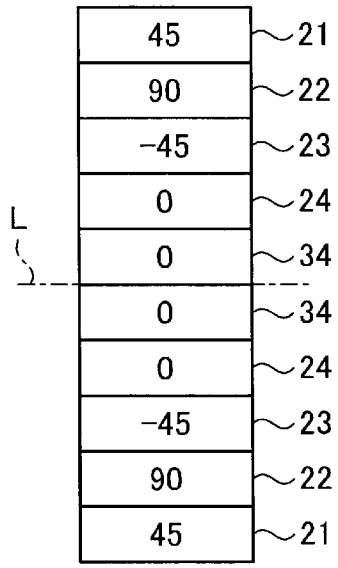
[図4]



補強部:$[45_2/90_2/-45_2/0_2]_s$

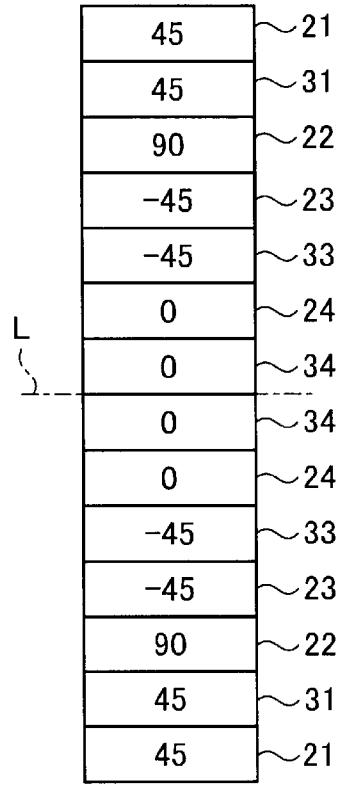
通常部:$[45/90/-45/0]_s$

[図5]



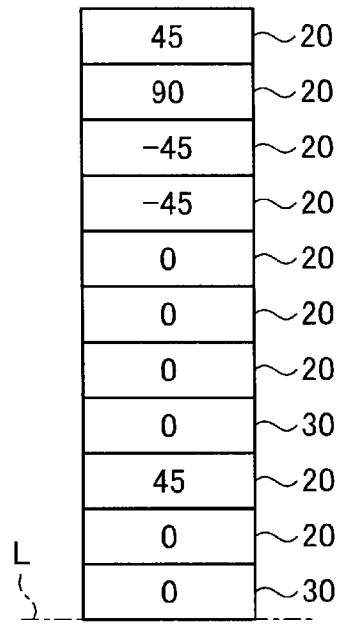
補強部:$[45/90/-45/0_2]_s$

[図6]

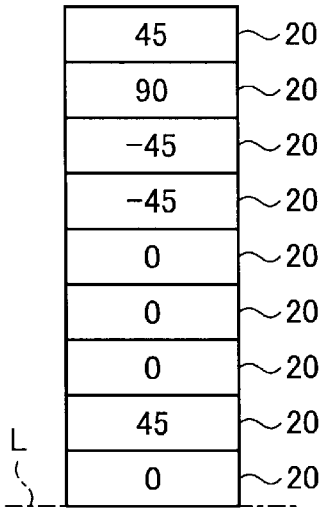


補強部:$[45_2/90/-45_2/0_2]_s$

[図7]

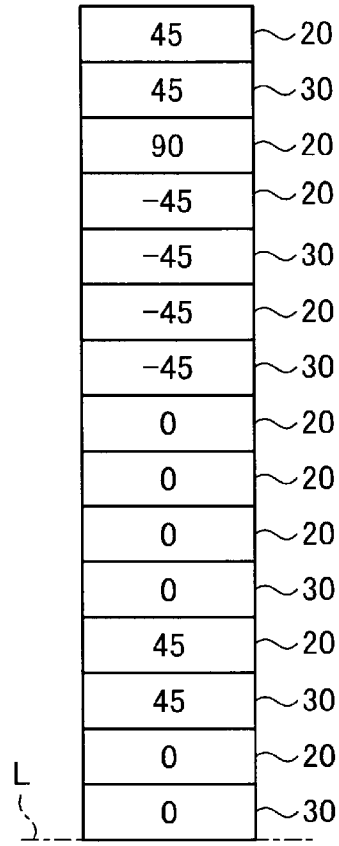


補強部:$[45/90/-45_2/0_4/45/0_2]_s$

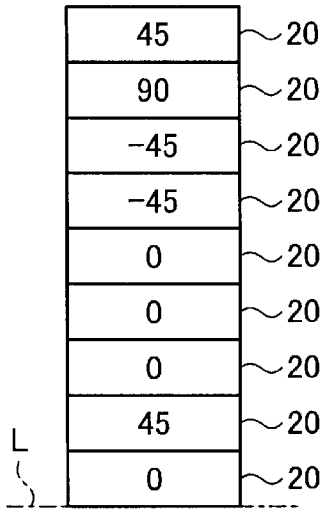


通常部:$[45/90/-45_2/0_3/45/0]_s$

[図8]

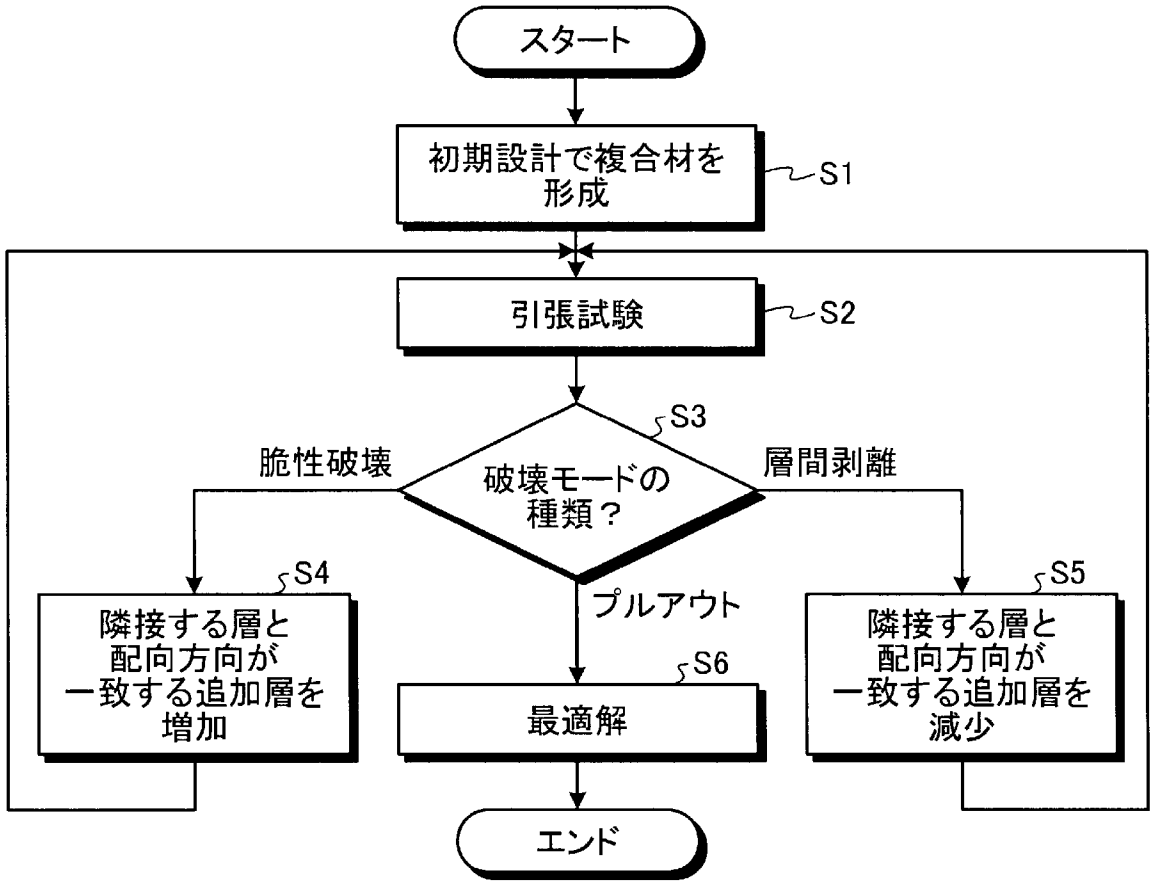


補強部:$[45_2/90/-45_4/0_4/45_2/0_2]_s$

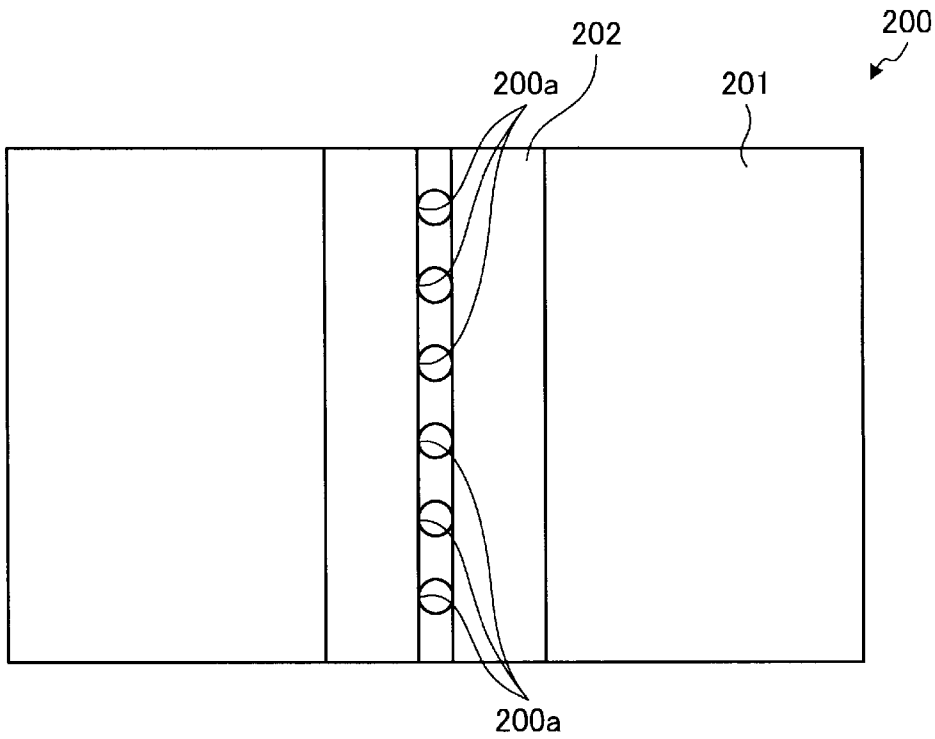


通常部:$[45/90/-45_2/0_3/45/0]_s$

[図9]


スタート
初期設計で複合材を形成
S1
引張試験
S2
S3
破壊モードの種類？
脆性破壊
層間剥離
プルアウト
S4
隣接する層と配向方向が一致する追加層を増加
S5
隣接する層と配向方向が一致する追加層を減少
S6
最適解
エンド

[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/039583

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. B29C70/54(2006.01)i, B29C70/06(2006.01)i, B29C70/88(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int. Cl. B29C70/54, B29C70/06, B29C70/88

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019
Registered utility model specifications of Japan 1996-2019
Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 2015/0314553 A1 (AIRCELLE) 05 November 2015, paragraphs [0072], [0074], [0075], [0083], [0121]-[0125], fig. 1, 7, 8a-8de & WO 2014/108640 A1 & EP 2943330 A1 & FR 3000916 A & CA 2894488 A & CN 104918773 A & RU 2015133470 A	7-8 1-6, 9
X A	JP 2012-35442 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 23 February 2012, claim 1, paragraphs [0024]-[0029], fig. 1, 2, 5 (Family: none)	7-8 1-6, 9
A	FR 2951400 A1 (AIRBUS OPERATIONS) 22 April 2011, page 5, line 6 to page 6, line 29, page 7, lines 12-22, fig. 3 (Family: none)	1-6, 9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
12.12.2019	24.12.2019
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/039583

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-122885 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 23 June 2011, claim 1, paragraphs [0015]-[0027], fig. 2 (a)-2 (c) (Family: none)	1-6
A	JP 2018-63119 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 19 April 2018, claims 1, 3, paragraph [0013] (Family: none)	1-6
A	JP 2016-135669 A (THE BOEING CO.) 28 July 2016, claim 7 & US 2016/0193806 A1, claim 14 & EP 3043275 A1 & CA 2907917 A & CN 105752316 A & AU 2015230859 A & KR 10-2016-0083812 A	1-6
A	WO 2014/116151 A1 (SAAB AB) 31 July 2014, page 10, line 16 to page 12, line 14, fig. 3a-3f & EP 2948367 A1	7-8
A	JP 2008-260142 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 30 October 2008, entire text, all drawings (Family: none)	7-8

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／０３９５８３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B29C70/54(2006.01)i, B29C70/06(2006.01)i, B29C70/88(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B29C70/54, B29C70/06, B29C70/88

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	US 2015/0314553 A1 (AIRCELLE) 2015.11.05, [0072],[0074]-[0075],[0083],[0121]-[0125],Fig.1,7,8a-8de	7-8
A	& WO 2014/108640 A1 & EP 2943330 A1 & FR 3000916 A & CA 2894488 A & CN 104918773 A & RU 2015133470 A	1-6,9
X	JP 2012-35442 A（トヨタ自動車株式会社）2012.02.23, 請求項1,[0024]-[0029],図1-2,5	7-8
A	（ファミリーなし）	1-6,9

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１２．１２．２０１９	２４．１２．２０１９

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　４Ｒ　９１６９
今井　拓也
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４７１

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	FR 2951400 A1 (AIRBUS OPERATIONS) 2011.04.22, 第5頁第6行-第6頁第29行,第7頁第12-22行, Fig.3 (ファミリーなし)	1-6,9
A	JP 2011-122885 A (三菱重工業株式会社) 2011.06.23, 請求項1,[0015]-[0027],図2(a)-2(c) (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2018-63119 A (三菱重工業株式会社) 2018.04.19, 請求項1,3,[0013] (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2016-135669 A (ザ・ボーイング・カンパニー) 2016.07.28, 請求項7 & US 2016/0193806 A1 claim14 & EP 3043275 A1 & CA 2907917 A & CN 105752316 A & AU 2015230859 A & KR 10-2016-0083812 A	1-6
A	WO 2014/116151 A1 (SAAB AB) 2014.07.31, 第10頁第16行-第12頁第14行,Fig.3a-3f & EP 2948367 A1	7-8
A	JP 2008-260142 A (トヨタ自動車株式会社) 2008.10.30, 全文全図 (ファミリーなし)	7-8