

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3991103号

(P3991103)

(45) 発行日 平成19年10月17日(2007.10.17)

(24) 登録日 平成19年8月3日(2007.8.3)

(51) Int. Cl.	F I
<b>FO3D 11/00 (2006.01)</b>	FO3D 11/00 A
<b>B64C 3/14 (2006.01)</b>	B64C 3/14
<b>B64C 11/18 (2006.01)</b>	B64C 11/18
<b>FO3B 3/12 (2006.01)</b>	FO3B 3/12

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2003-271283 (P2003-271283)	(73) 特許権者	504145308
(22) 出願日	平成15年7月7日(2003.7.7)		国立大学法人 琉球大学
(65) 公開番号	特開2005-30317 (P2005-30317A)		沖縄県中頭郡西原町字千原1番地
(43) 公開日	平成17年2月3日(2005.2.3)	(74) 代理人	100076082
審査請求日	平成15年7月7日(2003.7.7)		弁理士 福島 康文
前置審査		(72) 発明者	永井 實
			沖縄県中頭郡中城村奥間65-2
		(72) 発明者	天久 和正
			沖縄県宜野湾市伊佐2-13-15-301
		(72) 発明者	永井 吉男起
			兵庫県三田市武庫が丘7-4 C-403
		審査官	尾崎 和寛
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 七円弧薄型翼

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

風車、水車、航空機その他の薄型翼であって、その断面形状が最大7個の円弧の連続によって構成され、かつ翼面(51)の前縁(52)の断面形状がほぼ円状又は楕円状に形成されており、R1、R7を翼上下の基本円弧面、R3、R5を前記円状又は楕円状の上下の凸曲面、R4を前記円状又は楕円状の前縁凸曲面とすると、

前記基本円弧面R1、R7と前記上下の凸曲面R3、R5間の曲面R2、R6がそれぞれ凹曲面であり、かつ前記基本円弧面R7が凹曲面、前記基本円弧面R1が凸曲面であること、

前記翼面(51)の少なくとも表面側に翅脈状の凸紋様が形成されていることを特徴とする翼。

【請求項2】

前記の断面楕円状の前縁(52)が中空形状であることを特徴とする請求項1に記載の翼。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、風車や水車、航空機その他の翼の形状に関する。

【背景技術】

【0002】

10

20

従来は翼型といえば、NACA、NPL、ゲッチンゲン系統翼型のように「厚肉翼型」が一般的であり、欧米では様々な系統翼型に対して膨大な理論的実験的な研究が積み重ねられ、その成果が航空機主翼を始め各種流体機械の要素であるブレードの型として活用されてきている。例えば、最近注目を集めている風力発電機の回転翼もその型の多くが航空機用に開発された「厚肉翼」系統のそれを転用したものとと言える。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかし、風車ブレードに厚肉翼型を採用した場合、大型機になるほどブレード重量およびその遠心力が著しく増加して、開発・設計上の大きな難点として浮上してきている。

10

【0004】

一方、平板翼、円弧翼等の「薄肉翼型」も以前より知られていたが、これらは専ら理論的に、例えば厚さゼロの平板翼、円弧翼としてその性能を解析するために用いるか、あるいは実用的にはブリキ板等に反り（曲率）を持たせ「低コスト翼」として、いわば代用的・簡便翼型として使用されるに過ぎなかった。

【0005】

これら「薄肉翼型」は理想流体力学の理論によれば十分に高い揚力を発生させるものの、そのまま実用に供した場合、小さな迎え角においても翼前縁の鋭さのために流れが翼表面よりはく離してしまい、翼が失速しやすいことが良く知られた欠点であった。

【0006】

20

しかし、次項に述べるように本発明者らは、薄肉翼型のこの欠点は前縁近傍にわずかに略楕円状の形状を付加することによって大きく改善されることを理論的、実証的に明らかにしたものである。事実、本発明につながるものとして本発明者らは、特願2001-298615号において、「任意の翼型の後縁にできるだけ薄い板を取付けるか、あるいは翼後縁をできるだけ薄く延ばすことを特徴とする翼型」を提案している。

【0007】

本発明者らは、小型風力発電機の開発研究に取り組む中で「超軽量で安全」な風車用ブレード開発の必要性を痛感し、それを考究することによって今回の発明に到達した。具体的には、例えば「コウノトリの高性能飛翔翼」翼型を、数値解析的に調べることによって、翼型は必ずしも厚肉翼である必要性は無く、「最大7個の円弧の組み合わせにより、翼の前縁近傍にのみ適当な丸み（厚さ）を持たせ、その他の大部分は1つの薄肉円弧翼で構成」して良いとの知見に達した。

30

【0008】

また、同じく自然界に多く見られる、昆虫（例えばトンボ）の翅脈、植物（例えば飛翔する楓の実の）葉脈等にヒントを得て、当該薄肉翼に葉脈あるいは翅脈状紋様の突起を与え、翼強度を増加させると同時に翼性能を向上させ得るとの結論に到達したものである。

【0009】

本発明の技術的課題は、このような考察に基づき、最も実用的で有効な翼形状を実現することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の技術的課題は次のような手段によって解決される。請求項1は、風車、水車、航空機その他の薄型翼であって、その断面形状が最大7個の円弧の連続によって構成され、かつ翼面(51)の前縁(52)の断面形状がほぼ円状又は楕円状に形成されており、R1、R7を翼上下の基本円弧面、R3、R5を前記円状又は楕円状の上下の凸曲面、R4を前記円状又は楕円状の前縁凸曲面とすると、

前記基本円弧面R1、R7と前記上下の凸曲面R3、R5間の曲面R2、R6がそれぞれ凹曲面であり、かつ前記基本円弧面R7が凹曲面、前記基本円弧面R1が凸曲面であること、

50

前記翼面(51)の少なくとも表面側に翅脈状の凸紋様が形成されていることを特徴とする翼である。

【0011】

このように、薄型翼において、翼の前縁を円状又は楕円状に形成してあるため、翼の薄型化と軽量化が可能となり、新しい高性能の薄型翼を実現できる。すなわち、薄型翼であるにもかかわらず、はく離現象の生じない、安定した翼となる。図6、図9からも明らかのように、平板翼と円弧翼の前縁近傍翼上面においてはいずれも $c_p$ が- から急上昇しているのに対し、七円弧翼ではそれが大きく緩和されている。また、この急峻な圧力勾配「 $dc_p/dx$ 」が翼表面からの流れのはく離すなわち翼失速の原因であるから、本発明による翼の効果は明らかであると言える。さらに、前記翼面(51)の少なくとも表面側に翅脈状の凸紋様が形成されているため、翼の薄型化と軽量化が可能なことに加えて、新しい高性能の薄型翼を実現できる。すなわち、翼面の少なくとも表面に翅脈状の凸紋様を形成してあるため、流体力学的に翼性能を向上させることができるとともに、薄型翼の強度を増すことができる。

10

【0012】

請求項2は、前記の断面楕円状の前縁(52)が中空形状であることを特徴とする請求項1に記載の翼である。断面楕円状の前縁52は中実であってもよいが、軽量化のためには図示のような中空形状がよい。この翼5を風車のブレードとして使用する際は、この前方丸み部分にパイプを挿通して、ブレード主軸とすることもできる。

【発明の効果】

20

【0013】

請求項1のように、薄型翼において、翼の前縁を円状又は楕円状に形成してあるため、翼の薄型化と軽量化が可能となり、新しい高性能の薄型翼を実現できる。すなわち、薄型翼であるにもかかわらず、はく離現象の生じない、安定した翼となる。図6、図9からも明らかのように、平板翼と円弧翼の前縁近傍翼上面においてはいずれも $c_p$ が- から急上昇しているのに対し、七円弧翼ではそれが大きく緩和されている。また、この急峻な圧力勾配「 $dc_p/dx$ 」が翼表面からの流れのはく離すなわち翼失速の原因であるから、本発明による翼の効果は明らかであると言える。さらに、前記翼面(51)の少なくとも表面側に翅脈状の凸紋様が形成されているため、翼の薄型化と軽量化が可能なことに加えて、新しい高性能の薄型翼を実現できる。すなわち、翼面の少なくとも表面に翅脈状の凸紋様を形成してあるため、流体力学的に翼性能を向上させることができるとともに、薄型翼の強度を増すことができる。

30

【0014】

断面楕円状の前縁52は中実であってもよいが、請求項2のように、軽量化のためには図示のような中空形状がよい。この翼5を風車のブレードとして使用する際は、この前方丸み部分にパイプを挿通して、ブレード主軸とすることもできる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

次に本発明による翼形状が実際上どのように具体化されるか実施形態を説明する。図1は、風力発電機の風車に適用した場合の斜視図である。支柱1の上端において水平方向に旋回可能な胴体2の前端に風車3を有している。この風車3は、水平の回転軸4に120度間隔に翼5を有している。6は垂直尾翼である。

40

【0016】

各翼5は、翼面51の前縁に断面楕円形状の部分52を一体に有している。図2はこの翼5の詳細を示す平面図であり、一見すると、とんぼの羽根状をしている。すなわち、翼面51には、翅脈状の凸紋様を形成してある。裏面は図示されていないが、裏面にも同様に翅脈状の凸紋様を形成してもよい。

【0017】

この翼面51の前縁52に沿って断面楕円形状に形成してある。翼面51の付け根の部分53は、翼軸4への取付けを考慮して、固定ブラケット53を設けてあるが、この固定

50

ブラケット 5 3 を設けなくて、翼面 5 1 の付け根側を翼軸 4 に直接溶接したりして固定してもよい。翼面 5 1 は、固定ブラケット 5 3 側の前後方向の幅を小さくしてあるが、固定ブラケット 5 3 まで同じサイズにしてもよい。なお、翅脈状の凸紋様は、翼面 5 1 の付け根近傍の部分 5 4 にまで設ける必要はなく、凸紋様の無い薄板のままでもよい。

#### 【 0 0 1 8 】

図 3 は図 2 の翼 5 における A - A 方向の拡大断面図であり、薄型の翼面 5 1 の前縁 5 2 が断面楕円状になっている。この断面楕円状の前縁 5 2 は中実であってもよいが、軽量化のためには図示のような中空形状がよい。この翼 5 を風車のブレードとして使用する際は、この前方丸み部分にパイプを挿通して、ブレード主軸とすることもできる。

#### 【 0 0 1 9 】

翼面 5 1 と前縁 5 2 からなる翼 5 は、R 1 ~ R 7 の 7 円弧からなっている。そして、7 円弧の凹凸関係は、ほぼ図示のとおりであり、寸法比も概略図示のとおりである。図 3 の例では、翼面 5 1 は 1 円弧状であり、前縁 5 2 は 5 円弧で丸みをつけた構成になっている。

#### 【 0 0 2 0 】

翼面 5 1 の凸曲面状の表面とその裏側の凹曲面側を構成する R 1 と R 7 は常に厚さ  $t$  ( 1 ~ 数 mm ) だけ半径の異なる同心円の一部である。いま、 $R 1 = R 7 =$  の場合は、図 4 のような平板翼となる。すなわち、平板翼 5 1 の前縁 5 2 に丸みを付与した形状となる。この場合は、上下対称形状の翼になる。

#### 【 0 0 2 1 】

この断面楕円状の前縁 5 2 を詳述すると、R 1 ・ R 7 は翼上下の基本円弧面、R 2 ・ R 6 は凹曲面、R 3 ・ R 5 は凸曲面、R 4 は前縁凸曲面である。すなわち、楕円の短円部を R 3 と R 5 で構成し、この R 3 と R 5 の間の R 4 の部分を、翼面 5 1 とは反対側の長円とする。

#### 【 0 0 2 2 】

したがって、R 1 ・ R 7 は翼上下の基本円弧面であり、R 4 を前縁 5 2 の前縁凸曲面とし、R 3 ・ R 5 を前縁 5 2 の上下の凸曲面とすると、R 2 ・ R 6 は基本円弧面 R 1 ・ R 7 と凸曲面 R 3 ・ R 5 間の凹曲面となる。そして、 $R 1 = R 7 =$ 、 $R 2 = R 6$ 、 $R 3 = R 5$  のような特別な場合が、図 4 のような対称翼となる。なお、前縁 5 2 は、楕円状に代えて、円状にすることも可能である。

#### 【 0 0 2 3 】

翼面 5 1 は薄翼であるから、翼の弦長 ( コード長 )  $L$  と翼面 5 1 の厚み  $t$  の比は、風車の場合、数 1 0 ~ 1 0 0 倍程度になる。前縁 5 2 の最大厚  $T$  と弦長  $L$  の比 ( 厚み比 ) が重要であるが、図示の例では 0. 1 程度となる。

#### 【 0 0 2 4 】

図 3 の形状は、コウノトリの主翼断面図を検討し、参考にしたものである。すなわち、前縁 5 2 の丸みは、楕円状に接する様に作図するが、図示のような寸法比 (  $W > T$  ) を考えている。実例を挙げると、 $L = 1 0 0$  mm に対し、 $T = 1 0$  mm、 $W = 1 5$  mm 程度となる。

#### 【 0 0 2 5 】

そして、翼面 5 1 の表面と前記の上側の短円部 R 3 の間を凹曲面 R 2 とし、翼面 5 1 の裏面と前記の下側の短円部 R 5 の間を凹曲面 R 6 とする。このように、前縁 5 2 の断面楕円状の部分と翼面 5 1 との間において、表裏両側を凹曲面 R 2、R 6 にすると、翼面 5 1 と断面楕円状部との間の厚み寸法が漸次変化することになるので、機械的な強度の低下も防げる。

#### 【 0 0 2 6 】

凹曲面にしないで、鎖線のような直線状にすると、傾斜面と翼面 5 1 との境界部で曲率が急変し、応力集中による折損などの危険があるが、前記のように凹曲面にすると、応力集中を防止できる。直線状にした場合に比べて、翼面 5 1 の薄型部の面積もより広くできる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 7 】

このように、コウノトリの主翼断面形状を参考にして前縁 5 2 を断面楕円状又は円状にしてあるので、翼面 5 1 の薄型化と翼 5 全体の軽量化が可能となる。特に、空気力学的に、高性能を実現できる。

## 【 0 0 2 8 】

図 5 ~ 図 7 は、平板翼と七円弧対称翼の翼性能をそれぞれ比較検討する理論計算結果であり、図 5 は平板翼と七円弧対称翼の形状を示し、図 6 は平板翼と七円弧対称翼の翼表面の圧力（係数）分布を示し、図 7 は平板翼と七円弧対称翼の揚力係数と迎え角との関係を示す。

## 【 0 0 2 9 】

図 8 ~ 図 1 0 は、円弧翼と七円弧薄型翼の翼性能をそれぞれ比較検討する理論計算結果であり、図 8 は円弧翼と七円弧薄型翼の形状を示し、図 9 は円弧翼と七円弧薄型翼の翼表面の圧力（係数）分布を示し、図 1 0 は円弧翼と七円弧薄型翼の揚力係数と迎え角との関係を示す。

## 【 0 0 3 0 】

揚性能を決定するのは結局揚力係数の勾配  $d c L / d$ （図 7 と図 10）であるが、理想流体力学の範囲、すなわち前述の失速現象の生じない限り、では薄型翼の間には性能差はみられない。

## 【 0 0 3 1 】

ただし、迎え角  $10^\circ$  の場合の計算例（図 6 と図 9）において、翼前縁近傍の翼上面（負圧面）側圧力分布に、薄型翼と七円弧翼とで著しい違いがあることを確認できる。

## 【 0 0 3 2 】

すなわち、平板翼と円弧翼の前縁近傍翼上面においてはいずれも  $c p$  が - から急上昇していることがわかり、七円弧翼ではそれが大きく緩和されている。

## 【 0 0 3 3 】

この急峻な圧力勾配「 $d c p / d x$ 」が翼表面からの流れのはく離すなわち翼失速の原因であるから、本発明による翼の効果は明らかであると言える。

## 【 0 0 3 4 】

次に、薄型の翼面 5 1 は、図 2 で表現してあるように、翼面 5 1 の表面側に翅脈状の凸紋様を形成してある。この翼面 5 1 の裏面側も同様に翅脈状の凸紋様を形成してもよい。凸紋様の突出量は  $0.5 \sim 10 \text{ mm}$  程度が適している。

## 【 0 0 3 5 】

最近テレビ等で紹介されているように、カエデの「飛種子」は、ヘリコプターのように回転飛行することが知られているが、その翼表面に翅脈（または葉脈とも言う）があることによって、「揚力」を大きくすることが確認されている。専門的には、翅脈（または葉脈）が「翼表面の境界層流れに作用して、翼性能を向上させる」ことが推定されている。加えて、トンボの翼（羽根）の場合、強度的にも有利であることは言うまでもない。

## 【 0 0 3 6 】

このような理由から、風車、水車、航空機、その他の各種翼の表側又は裏側の表面に翅脈状の凸紋様を形成することによって、揚力の発生その他の空気力学的な効果を奏する。したがって、翼の前縁を断面楕円状に形成したと相まって、翼 5 全体の薄型化と軽量化、翼の性能向上に寄与できる。

## 【 0 0 3 7 】

前記のように、翼の弦長  $L = 100 \text{ mm}$ 、 $T = 10 \text{ mm}$ 、 $W = 15 \text{ mm}$  程度とした場合、翼面 5 1 の厚さ  $t = 1 \sim \text{数 mm}$  とし、現在開発中の 3 枚翼（水平軸）小型風車のブレードとして実施を計画中である。3 kW 機とした場合、翼 5 すなわちブレード 1 枚の長さを  $1.8 \text{ m}$  とする。

## 【 0 0 3 8 】

なお、断面楕円状の前縁 5 2 は、翼の前縁の全長に設けてもよいが、部分的に一部のみに設けることもできる。また、部分的に設ける場合、どの位置を断面楕円状にするかも自

10

20

30

40

50

由である。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】本発明を風力発電機の風車に適用した場合の斜視図である。

【図2】翼の詳細を示す平面図である。

【図3】図2のA - A拡大断面図である。

【図4】翼面の別の実施形態を示す断面図である。

【図5】平板翼と七円弧対称翼の形状を示す図である。

【図6】平板翼と七円弧対称翼の翼表面の圧力（係数）分布を示す図である。

【図7】平板翼と七円弧対称翼の揚力係数と迎え角との関係を示す図である。

10

【図8】円弧翼と七円弧薄型翼の形状を示す図である。

【図9】円弧翼と七円弧薄型翼の翼表面の圧力（係数）分布を示す図である。

【図10】円弧翼と七円弧薄型翼の揚力係数と迎え角との関係を示す図である。

【符号の説明】

【0040】

1 支柱

2 胴体

3 風車

4 回転軸

5 翼

20

5 1 翼面

5 2 断面楕円状の前縁

5 3 付け根部分

6 垂直尾翼

R 1・R 7 翼面上下の基本円弧面

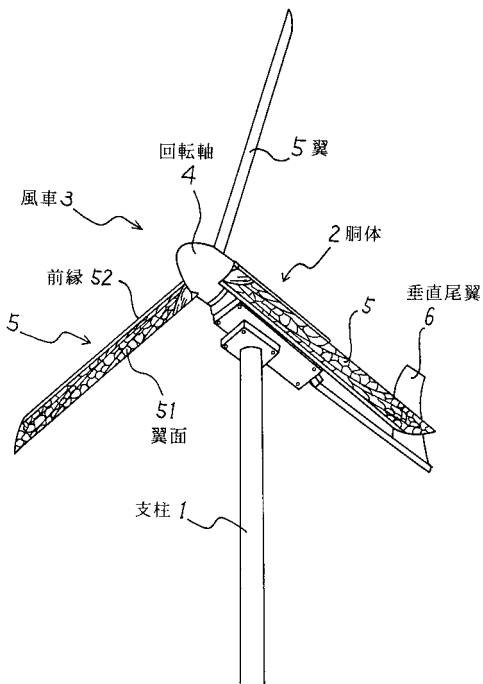
R 2・R 6 上下の凹曲面

R 3・R 5 上下の凸曲面

R 4 前縁凸曲面

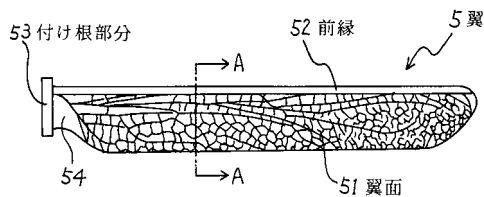
【図1】

本発明を風力発電機の風車に適用した状態



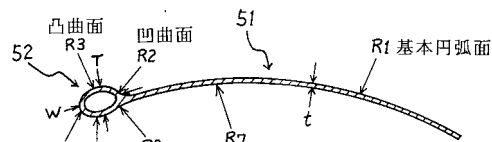
【図2】

翼の詳細を示す平面図



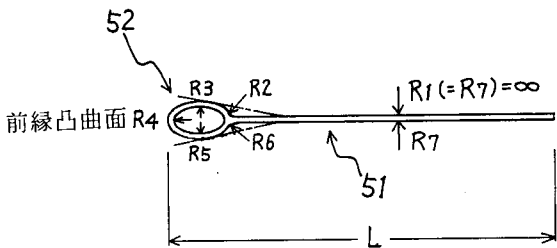
【図3】

図2のA-A拡大断面図



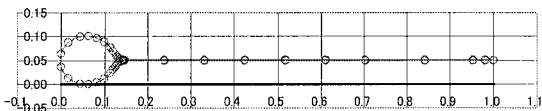
【図4】

翼面の別の実施形態



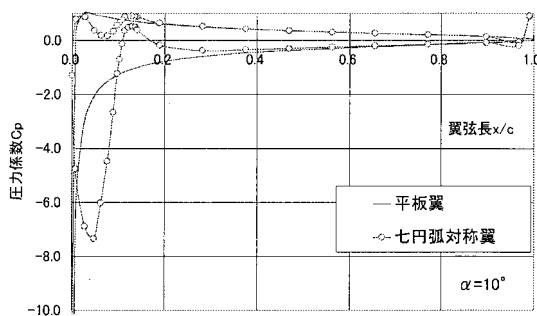
【図5】

平板翼と七円弧対称翼の形状



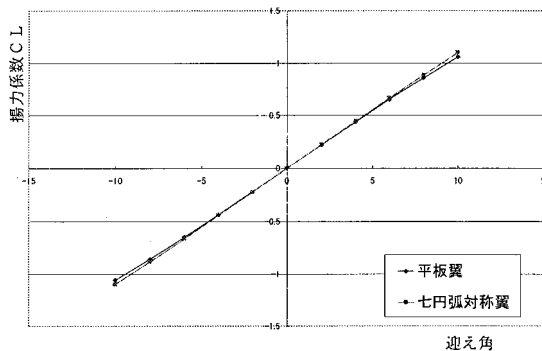
【図6】

平板翼と七円弧対称翼の翼表面の圧力分布



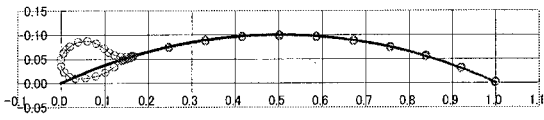
【図7】

平板翼と七円弧対称翼の揚力係数と迎え角との関係



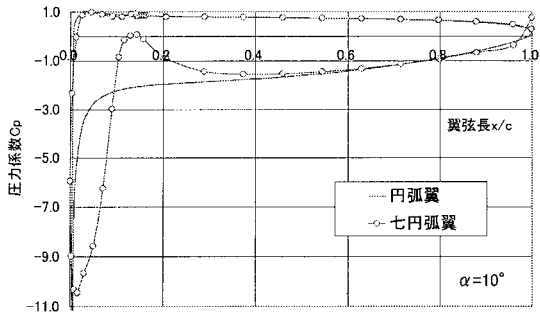
【 図 8 】

円弧翼と七円弧薄型翼の形状



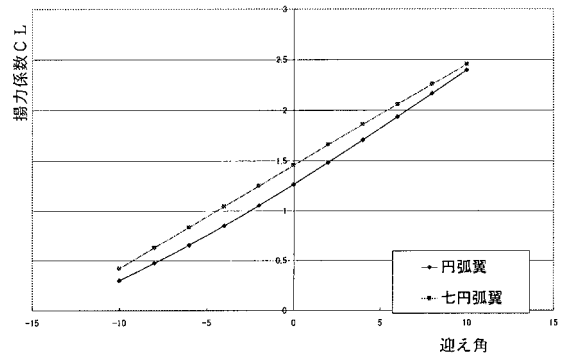
【 図 9 】

円弧翼と七円弧薄型翼の翼表面の圧力分布



【 図 10 】

円弧翼と七円弧薄型翼の揚力係数と迎え角との関係





---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特公昭47-027845(JP, B1)  
特許第3082586(JP, B2)  
特開平06-299997(JP, A)  
特開平05-196243(JP, A)  
特開2003-003945(JP, A)  
特表2002-531771(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F03D	1/00~11/04
F03B	1/00~11/08
B64C	3/10~3/16
B64C	11/16~11/28