

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-159751

(P2010-159751A)

(43) 公開日 平成22年7月22日(2010.7.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2C 9/00 (2006.01)	FO2C 9/00 A	
FO2C 7/00 (2006.01)	FO2C 7/00 A	
FO1D 25/00 (2006.01)	FO1D 25/00 V	

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2010-640 (P2010-640)
 (22) 出願日 平成22年1月5日(2010.1.5)
 (31) 優先権主張番号 10 2009 003 978.3
 (32) 優先日 平成21年1月7日(2009.1.7)
 (33) 優先権主張国 ドイツ(DE)

(71) 出願人 501473888
 マン ターボ アーゲー
 MAN TURBO AG
 ドイツ連邦共和国 D-46145 オー
 バーハウゼン シュタインブリックシュト
 ラーセ 1
 (74) 代理人 100108453
 弁理士 村山 靖彦
 (74) 代理人 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (74) 代理人 100089037
 弁理士 渡邊 隆
 (74) 代理人 100110364
 弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

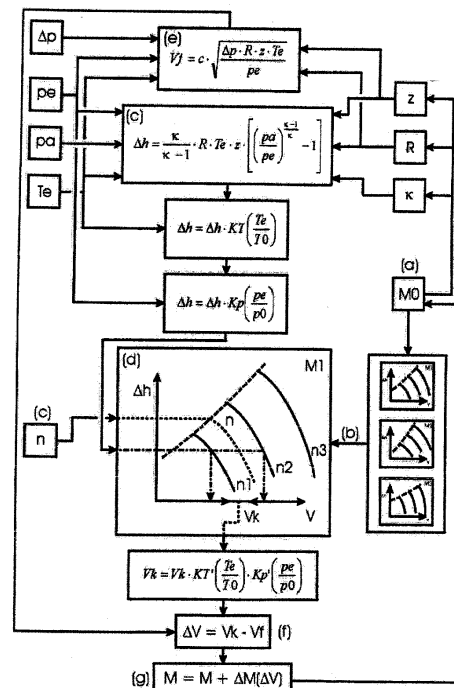
(54) 【発明の名称】 ターボエンジンによってガスの特性を決定するための方法

(57) 【要約】

【課題】本願発明の目的は、ターボエンジンによってガスの特性を決定するための方法を提供することである。

【解決手段】ターボエンジンによってガスの特性を決定するための方法であって、(a) ガスの特性に対する値(M)を設定するステップと、(b) 設定された値(M)に基づいてエンジン特性マップを選択するステップと、(c) ターボエンジンの動作点を確定する第一のパラメータ(h)と第二のパラメータ(n)とを決定するステップと、(d) 該パラメータ(h, n)とエンジン特性マップとに基づいてエンジン特性マップ・パラメータ(Vk)を決定するステップと、(e) 計算されたパラメータ(Vf)を決定するステップと、(f) パラメータ(Vk)をパラメータ(Vf)と比較するステップと、(g) 新しい値(M)を、該パラメータ(Vk, Vf)との比較に基づいて設定するステップと、を備え、ステップ(b)から(g)までを反復する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ターボエンジン、特にターボコンプレッサによってガスの特性を決定するための方法であって、当該方法は

- (a) ガスの特性に対する値 (M) を設定するステップと、
- (b) 前記ガスの前記特性に対して設定された前記値 (M) に基づいてエンジン特性マップを選択するステップと、
- (c) 前記エンジン特性マップにおける前記ターボエンジンの動作点を確定する第一のパラメータ (h) と第二のパラメータ (n) とを決定するステップと、
- (d) 前記第一および第二のパラメータ (h, n) と、前記エンジン特性マップとに基づいてエンジン特性マップ・パラメータ (V_k) を決定するステップと、
- (e) 計算されたパラメータ (V_f) を決定するステップと、
- (f) 前記エンジン特性マップ・パラメータ (V_k) と前記計算されたパラメータ (V_f) を比較するステップと、
- (g) 前記ガスの前記特性に対する新しい値 (M) を、前記計算されたパラメータと前記エンジン特性マップ・パラメータとの前記比較に基づいて設定するステップと、を備えるとともに前記ステップ (b) から (g) までを反復する方法。

10

【請求項 2】

前記第一のパラメータ (h) と前記第二のパラメータおよび / または前記計算されたパラメータ (V_f) とは、前記ガスの前記特性に依存する値 (R, , z) に基づいて決定されることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 3】

ステップ (c) において、前記第一のパラメータ (h) および / または前記第二のパラメータが、ステップ (d) において前記エンジン特性マップ・パラメータ (V_k) が、および / あるいはステップ (e) において前記計算されたパラメータ (V_f) が、測定値と参照値との比較 (T_e / T₀, p_e / p₀) に基づいて補正されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記測定値と前記参照値とは、前記ターボエンジンへの流入温度 (T_e) および / または前記ターボエンジンの前の流入圧力 (p_e) を含んでいることを特徴とする請求項 3 に記載の方法。

30

【請求項 5】

前記ガスの前記特性は、前記ガスの分子量 (M) と、前記ガスの固有のガス定数 (R) と、前記ガスの等エントロピー指数 () および / または前記ガスの圧縮性指数 (z) と、を含んでいることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

前記第一のパラメータは、前記ターボエンジンに関するエンタルピー差 (h) を含んでいることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 7】

前記エンタルピー差 (h) は、ステップ (c) において前記ターボエンジンへの流入温度 (T_e) と、前記ターボエンジンの前の流入圧力 (p_e) と、前記ターボエンジンの後の流出圧力 (p_a) と、固有のガス定数 (R) と、等エントロピー指数 () および / または圧縮性指数 (z) と、に基づいて決定されることを特徴とする請求項 6 に記載の方法。

40

【請求項 8】

前記第二のパラメータは、前記ターボエンジンの回転数 (n) と、ガイド翼の位置および / または吸気インダクタ・アーマチャの位置と、を含んでいることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 9】

前記エンジン特性マップ・パラメータ (V_k) と前記計算されたパラメータ (V_f) と

50

は、前記ターボエンジンの吸気体積流量（ V ）を含んでいることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 10】

前記計算されたパラメータ（ V_f ）は、ステップ（ e ）において前記ターボエンジンへの流入温度（ T_e ）と、前記ターボエンジンの前の流入圧力（ p_e ）と、固有のガス定数（ R ）と、体積流量測定装置、特に体積流量測定オリフィスを介しての圧力差（ p ）および/または圧縮性指数（ z ）と、に基づいて決定されることを特徴とする請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

ステップ（ f ）において、エンジン特性マップ・パラメータ（ V_k ）と計算されたパラメータ（ V_f ）との差が設定された反復限界値より小さくなるまで、前記ステップ（ b ）から（ g ）までが反復されることを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項 12】

前記ターボエンジンの運転中に前記ステップ（ b ）から（ g ）までが周期的に反復されることを特徴とする請求項 1 から 11 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 13】

値、特に前記エンジン特性マップ・パラメータ（ V_k ）、等エントロピー指数（ γ ）および/または圧縮性指数（ z ）は、表からの補間によって決定されることを特徴とする請求項 1 から 12 のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項 14】

前記エンジン特性マップは、ステップ（ b ）において補間によって決定されることを特徴とする請求項 1 から 13 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 15】

コンピュータ・プログラムであって、該コンピュータ・プログラムは、コンピュータにおいて進行するとき、請求項 1 から 14 のいずれか一項に記載の方法を実行するコンピュータ・プログラム。

【請求項 16】

請求項 15 に記載のコンピュータ・プログラムが格納されているデータ記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、ターボエンジンによってガスの特性を決定するための方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ターボエンジンは、エンジン特性マップによって表すことができる。当該エンジン特性マップは、個々のエンジンの動作点を通して広がっている。例えば、ターボコンプレッサの場合、所定の圧縮比において所定の体積流量が調整される。当該コンプレッサが回転数と、ガイド翼の位置と、吸気インダクタ（Saugdrosselstellung）の位置とを一定に保った状態で、別の圧縮比で運転されると、動作点は特性曲線に拡大する。回転数または吸気インダクタの位置を変化させること、またはガイド翼を調整することによってさらなる特性曲線が生じ、当該特性曲線は共同でエンジン特性マップを成立させる。

40

【0003】

回転数、吸気インダクタ調整、および/またはガイド翼の位置という操作変数を変化させることによって、エンジン特性マップにおいて異なる動作点を始動させることができる。特にサージリミット制御を相応の制御介入によって行うことによって、ターボコンプレッサのサージラインまでの距離を十分に取りながら運転することが保証される。

【0004】

しかしながら、エンジン特性マップは、ターボエンジンを通して流れるガスの特性、例えば当該ガスの分子量またはモル質量、当該ガスの流入温度および当該ガスの流入圧力

50

に依存している。ターボエンジンがガスによって作動し、当該ガスの特性が使用されるエンジン特性マップの特性と異なる場合、特に、当該使用されるエンジン特性マップに基づく制御の誤動作につながる恐れがある。

【0005】

従って、特許文献1は、ターボコンプレッサのサージリミット制御に関して揚程高さと吸気体積流量とを計算によって特定することを提案している。このとき、ガス定数、等エントロピー指数、圧縮性指数に関して搬送ガスの標準組成の値が基本として用いられる。その後、当該標準組成のためのエンジン特性マップから、計算による回転数が得られ、当該計算による回転数と実際に測定されたエンジンの回転数とが比較される。計算による回転数と実際に測定された回転数との差から、サージリミット制御部のための補正值が計算される。このように、流入温度と流入圧力とモル質量とに依存している実際のエンジン特性マップとは、異なるエンジン特性マップが意識的に基本とされ、制御部に対して補正部が後置され、それによって差の補償が行われる。

10

【0006】

これに対して、特許文献2および特許文献3は、普遍的なサージラインに基づいてサージリミット制御を行っている。当該普遍的なサージラインは、異なる特性もしくは異なるエンジン特性マップを備えるガスに対して好適である。

【0007】

特許文献4は、搬送ガスの分子量を、実際の流量値および揚程高さの値と、マッピングされた仮想の流量値および揚程高さの値との関数として計算することを提案している。

20

【0008】

特許文献5は、分子量を決定するための反復プロセスを提案している。当該反復プロセスにおいて分子量は、計算された排気圧と測定された排気圧との比から概算される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】独国特許出願公開第3544822号明細書

【特許文献2】欧州特許第1450046号明細書

【特許文献3】米国特許第5195875号明細書

【特許文献4】米国特許出願公開第2002/0062679号明細書

30

【特許文献5】米国特許第4825380号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明の課題は、ターボエンジンによってガスの特性を決定するための方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記の課題は、請求項1に記載の特徴を備える方法によって解決される。従属請求項は、有利なさらなる形成に関する。

40

【0012】

本発明は、以下の認識に基づいている。すなわち、エンジン特性マップにおける動作点の位置は、すでに二つのパラメータによって一義的に決定されているので、当該系は第三のパラメータによって過剰決定された状態になる。このような過剰決定を利用して、未知の値を決定する。このとき、異なるエンジン特性マップを反復的に使用することによって、エンジン特性マップが求められるガスの特性に依存していることに配慮がなされる。

【0013】

初期設定に際してはまず、求められるガスの特性に対する初期値、例えばガスの分子量または当該分子量を決定するガスの組成が設定される。

【0014】

50

個々の反復サイクルにおいて、記憶装置に格納された複数のエンジン特性マップの一つが、ガスの特性に対する設定値に基づいて選択される。このとき、第一の反復ステップにおける初期値の設定および/またはエンジン特性マップの選択は、対応する記憶装置の場所をデフォルト設定することによって実現されていてもよい。ガスの特性を示す値に対してエンジン特性マップが格納されていない場合は、好適に、二つのエンジン特性マップの間で特に線形の補間が行われる。ガスの特性の異なる値、例えば異なる分子量に対するエンジン特性マップは、例えば表、度数分布多角形群、関数演算または関係演算などとして保存されていてよく、このために特にあらかじめ個々の特性を備えるガスを用いた測定から、経験的に検出され得る。

【0015】

10

反復サイクルにおいて、例えばターボエンジンに関するエンタルピー差または揚程高さなどの第一のパラメータと、例えば回転数が可変であるターボエンジンの回転数、調整可能な前方ガイド翼および/または後方ガイド翼を備えるターボエンジンのガイド翼の位置あるいは吸気インダクタを備えるターボエンジンの吸気インダクタ・アーマチャの位置などの第二のパラメータと、が決定され、これらのパラメータは、エンジン特性マップにおけるターボエンジンの動作点を確定する。

【0016】

エンタルピー差 h は特に、好ましくは測定されたターボエンジン内への流入温度 T_e と、好ましくは測定されたターボエンジンの前の流入圧力 p_e と、好適に測定されたターボエンジンの後の流出圧力 p_a と、固有のガス定数 R と、分子量に依存し得る等エントロピー指数 κ および/または圧縮性指数 z とに基づいて、特に以下の式あるいは当該式に対する近似により決定され得る。

20

【0017】

【数1】

$$\Delta h = \frac{\kappa}{\kappa - 1} \cdot R \cdot T_e \cdot z \cdot \left[\left(\frac{p_a}{p_e} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} - 1 \right] \quad (1)$$

【0018】

30

エンジン特性マップ・パラメータ、例えばターボエンジンの吸気体積流量は第一のパラメータおよび第二のパラメータに基づいて当該エンジン特性マップから決定される。当該第一のパラメータおよび第二のパラメータによって特定された動作点が、記憶装置に格納されたエンジン特性マップの特性曲線上にない場合、好適に特に線形の補間が行われる。

【0019】

反復サイクルにおいては、エンジン特性マップ・パラメータの計算値も決定され、エンジン特性マップ・パラメータは、当該計算されたパラメータと比較される。

【0020】

計算されたパラメータがターボエンジンの吸気体積流量 V_f であるとき、当該吸気体積流量は、ターボエンジン内への流入温度と、ターボエンジンの前の流入圧力と、固有のガス定数と、圧縮性指数と、体積流量測定装置、特に体積流量測定オリフィスを介しての圧力差 p とに基づいて、特に以下の式により決定され得る。

40

【0021】

【数2】

$$V_f = c \cdot \sqrt{\frac{\Delta p \cdot R \cdot z \cdot T_e}{p_e}} \quad (2),$$

【0022】

式(2)において、 c は、定数を表す。反復サイクルにおいて今度は、ガスの特性を表

50

す新たな値が、計算されたパラメータとエンジン特性マップ・パラメータとの比較に基づいて設定される。例えば、記憶装置に格納された分子量は、選択されたエンジン特性マップのベースとされ、好ましくは用いられた固有のガス定数と、圧縮性指数および/または用いられた等エントロピー指数とに対するベースにもされたが、当該分子量は設定された増分または前記比較に依存する増分だけ、増大または減少され得る。

【0023】

続いて、ガスの特性を示す前記の変化された値を用いて新たな反復サイクルが実施されるが、当該変化された値によって、選択されたエンジン特性マップは変化し、好適には第一のパラメータと、第二のパラメータおよび/または計算されたパラメータも変化する。

【0024】

以上のプロセスは、エンジン特性マップ・パラメータと計算されたパラメータとの差が設定された反復限界値または終了値よりも小さくなるまで反復される。好適に当該反復はターボエンジンの運転中に周期的に反復され、それによって、ガス組成の変化およびそれとともに決定すべきガスの特性、たとえばガスの分子量などの変化を認識する。

【0025】

好適な実施の形態において、第一のパラメータと、第二のパラメータおよび/またはエンジン特性マップ・パラメータは、測定値と参照値との比較に基づいて補正される。エンジン特性マップは特に、流入温度と流入圧力とに依存している。この点については、例えば、第一のパラメータとエンジン特性マップ・パラメータがそれぞれ補正因子を用いて補正され、例えば乗算されることによって配慮することができる。当該補正因子は、測定された流入温度もしくは測定された流入圧力と、エンジン特性マップが作成された対象である流入温度もしくは流入圧力との比に関して表から得られる。

【0026】

さらなる有利点および特徴は、従属請求項および実施の形態に記載されている。当該実施の形態に関しては、唯一の図に示されている。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】本発明の実施の形態による方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0028】

図1は、ターボコンプレッサを用いて搬送ガスの分子量およびそれとともに当該搬送ガスの組成を決定するための方法のプロセスを概略的に示している。

【0029】

初期設定を行うために、ステップ(a)において分子量Mのためのディスク・スペースがデフォルト値または初期値M0で設定される。

【0030】

当該分子量に基づいてステップ(b)において、異なる分子量M1, M2, M3に対して度数分布多角形または関数発生器として格納されている複数のエンジン特性マップの一つが選択される。分子量に対してエンジン特性マップが格納されていない場合は、格納されている二つのエンジン特性マップの間で補間が行われてよい。

【0031】

好適に固有のガス定数Rと、等エントロピー指数および/または圧縮性指数zに関する値も分子量に関する値Mに基づいて設定される。等エントロピー指数または圧縮性指数が近似的に一定であると見なせる場合は、不変かつ一定の値を用いることもできる。

【0032】

ステップ(c)および(e)において第一のパラメータとしてのエンタルピー差hと、計算されたパラメータとしての吸気体積流量Vfとが、式(1)及び式(2)に応じて、分子量に関する値Mに基づいて設定された固有のガス定数Rと、等エントロピー指数と、圧縮性指数zとを用いて決定され、ターボエンジン内への流入温度Teと、ターボエンジンの前の流入圧力peと、ターボエンジンの後の流出圧力paと、体積流量測定オリ

10

20

30

40

50

フィスを介しての圧力差 p に対する測定値が決定される。

【0033】

このように決定されたエンタルピー差 h はその後、補正因子 K_p , K_T を掛けられる。当該補正因子は、表から得られ、当該表において、以下の数式(3)に示すような、測定された流入温度 T_e とエンジン特性マップが作成された参照温度 T_0 との個々の比に対する補正因子、もしくは以下の数式(4)に示すような、測定された流入圧力 p_e とエンジン特性マップが作成された参照圧力 p_0 との個々の比に対する補正因子が格納されており、それによって、エンジン特性マップが吸収もしくは流入温度および吸収もしくは流入圧力から受ける影響が考慮される。

【0034】

【数3】

$$\Delta h = \Delta h \cdot K_T \left(\frac{T_e}{T_0} \right) \quad (3)$$

【0035】

【数4】

$$\Delta h = \Delta h \cdot K_p \left(\frac{p_e}{p_0} \right) \quad (4)$$

【0036】

ステップ(d)において、前記のように補正されたエンタルピー差 h と、分子量 M に対して選択されたエンジン特性マップにおける第二のパラメータとしてのターボコンプレッサの測定された回転数 n とから、エンジン特性マップ・パラメータとしての吸気体積流量 V_k が決定される。点線もしくは一点鎖線によって示されるように、このとき度数分布多角形の形で格納されているエンジン特性マップにおいて、一定の回転数 n_1 , n_2 に対する二つの特性曲線の間で、測定された回転数 n に対して補間が行われる。

【0037】

エンタルピー差 h に対するのと同様に、エンジン特性マップから決定された吸気体積流量 V_k にもその後、補正因子 K_p' , K_T' が掛けられる。当該補正因子は、表から得られ、当該表において、以下の数式(5)に示すような、測定された流入温度と参照温度 T_0 との個々の比、もしくは流入圧力と参照圧力 p_0 との個々の比に対する補正因子が格納されており、それによってエンジン特性マップが吸収もしくは流入温度および吸収もしくは流入圧力から受ける影響が考慮される。

【0038】

【数5】

$$V_k = V_k \cdot K_T' \left(\frac{T_e}{T_0} \right) \cdot K_p' \left(\frac{p_e}{p_0} \right) \quad (5)$$

【0039】

代替的に、吸気体積流量に対する計算値 V_f をこのような補正因子を用いて補正することもできる。

【0040】

ステップ(f)において、エンジン特性マップ・パラメータ V_k は、計算されたパラメータ V_f と比較される。ステップ(g)において、分子量に関して格納された値 M は、計算されたパラメータとエンジン特性マップ・パラメータとの間の差 $V = V_k - V_f$ に応じてインクリメントされ、当該インクリメントは、新しい値 $M + M(V)$ が分子量のためのディスク・スペースに格納されることによって行われる。

【0041】

以上で反復サイクルは終了し、当該反復サイクルの後に格納されている、分子量に対す

10

20

30

40

50

る値 M は、実際の値に近似しており、当該実際の値に関してプロセス (f) においては、計算誤差および表の誤差を除いて、それ以上の偏差は生じないものと思われる。

【 0 0 4 2 】

分子量に対するこの新しい値 M を用いてその後、新たな反復サイクルが開始され得る。当該新たな反復サイクルにおいては、まずステップ (b) において、当該新しい値に基づいてエンジン特性マップが選択され、好適に固有のガス定数 R と、等エントロピー指数および圧縮性指数 z に関する値が設定される。

【 0 0 4 3 】

このような反復は、好適にターボコンプレッサの運転全てにわたって実施される。このとき、分子量に対する値 M は、真の値に逐次近似する。分子量が、例えば搬送ガスの組成における変化ゆえに変化すると、値 M は、後続の反復においてこの新たな分子量に近似し、それによって、例えばサージリミット制御装置は常に正しい分子量に基づいて運転され、あるいは分子量が表示され、それによってガス組成の変化が検出され得る。

10

【符号の説明】

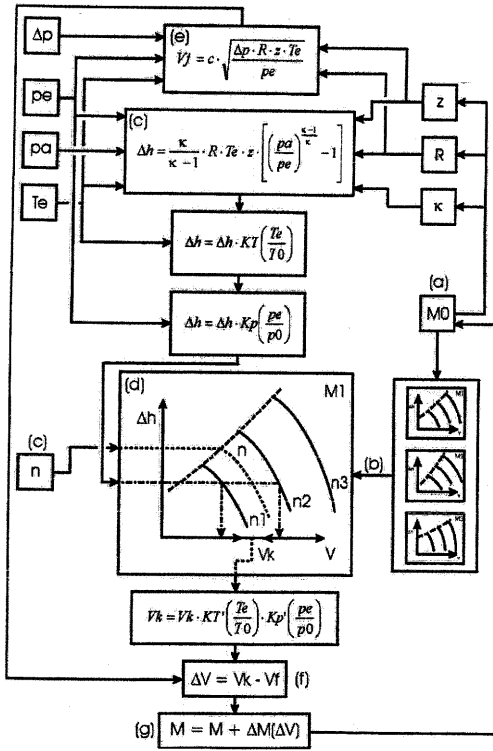
【 0 0 4 4 】

- h エンタルピー差、揚程高さ
- K_T, K_p 補正因子
- K_T', K_p' 補正因子
- 等エントロピー指数
- M 分子量
- n 回転数
- p_0 参照圧力
- p_a 流出圧力
- p_e 流入圧力
- p 測定オリフィスを介しての圧力差
- R ガス定数
- T_0 参照温度
- T_e 流入温度
- V_f 計算されたパラメータ (吸気体積流量)
- V_k エンジン特性マップ・パラメータ (吸気体積流量)
- z 圧縮性指数

20

30

【 図 1 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ヴィルフリート・プロテンベルク
ドイツ・ディンスラーケン・4 6 5 3 5・イルケンシュブッシュ・2 8
- (72)発明者 ウルリヒ・ゲブハルト
ドイツ・シュヴェルム・5 8 3 3 2・ヴェストファーレンダム・5 0