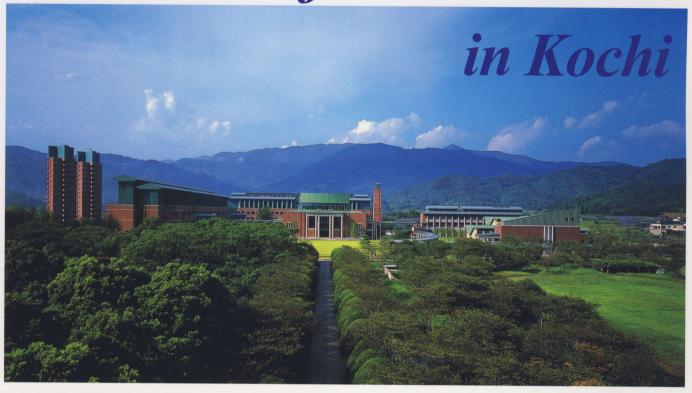
# Dynamics & Design Conference 2011



# 「部門創設25周年、新たなる躍動」 アブストラクト集



開催日: 2011年9月5日(月)~9日(金)

会 場: 高知工科大学



主 催:一般社団法人日本機械学会 機械力学・計測制御部門

TEL(03)5360-3500 FAX(03)5360-3508 URL http://www.jsme.or.jp/dmc/DD2011/

協賛: 計測自動制御学会, システム制御情報学会, 自動車技術会, 情報処理学会, 人工知能学会, 精密工学会, 電気学会, 電子情報通信学会, 土木学会, 日本音響学会, 日本原子力学会, 日本建築学会, 日本航空宇宙学会, 日本神経回路学会, 日本スポーツ産業学会, 日本設計工学会, 日本船舶海洋工学会, 日本鉄鋼協会, 日本トライボロジー学会, 日本知能情報ファジィ学会, 日本フルードパワーシステム学会, 日本ロボット学会, バイオメカニズム学会, 日刊工業新聞社

# 無料のCADと解析ソフトを用いた小型発電機の設計

○ 立花 邦彦(高知工科大学大学院), 正 岡 宏一(高知工科大学)

# Design of Small Electric Generator by Free CAD and Analysis Software

### Kunihiko TACHIBANA and Koichi OKA

Kochi University of Technology Intelligent Mechanical Systems Engineering Miyanoguchi 185, Tosayamada-cho, Kami city, Kochi, 782-8502 Japan

In recent years, renewable energy is used to generate an electric power. To design a small electric generator is a complicated procedure for non-specialist. This paper presents a procedure for design of small electric generator (100[w] to 500[w]) by free CAD and analysis software. The proposed method and procedure was confirmed by trail production of an electric generator. The consequences of electric generation capacity by free software are equivalent to results obtained by paid software. The design time has been decreased by using standard dimensions of components. The combination of standard dimensions and design procedure is sophisticated for novice designer and students. The proposed design procedure by using free CAD and analysis software for a small electric generator was found to be reliable and significant. Therefore, this method and procedure can be utilized for academic purpose by students and beginners.

Key Words: CAD, Analisis Software, Simulation, Electric Generator, Renewable Energy

# 1. 緒 言

近年、再生可能エネルギーを利用し、自家用の電力を発電する人達が増えてきている。 再生可能エネルギー源としては、水力、風力、太陽が一般的に使われている。 水力発電用として市販されている発電機は高価であることから、自作をする人が多い。しかし、発電機の設計を専門としない人達が、目的に合わせた発電機を設計することは非常に難しい。ところが専門的な知識を持たない人であっても、自分が必要としている発電性能を有する発電機を、自ら設計することができるようになれば、さらに発電機を自作しようと考える人達が増えると推測される。そこで、無料の CAD と解析ソフトを用いて、小型発電機の設計を専門としない人でも、比較的簡単に設計を行うことが可能となる手順や方法を明らかにする。ここで示す手順や方法は、大学での学生の設計および磁気解析のための教育にも有効であると考えられる。

# 2. 無料ソフト

有料の CAD や解析ソフトでは、期限制限や機能制限をつけて試用することができるようになっていることがある。これらを使用する場合、殆どの人は一から使い方を習得しなければならず、慣れた時にはすでに試用期限を迎えて使えなくなってしまう、また、必要とする機能が最初から使用できないということもある。従って、期限制限や機能制限が行われていない無料の CAD や解析ソフトを使うことにより、いつでも自由に設計を行うことが可能となる。

現在、インターネット上に多くの無料ソフトが提供されている。解析ソフトにおいては計算方法が開示されているものと、そうでないものがある。計算方法が開示されているソフトは、どのような手順で結果が有られたのかが分かるため、安心して使用することができる。

## 2·1 無料の CAD (2D)

近年,多くの無料 CAD を容易に入手することが可能となった. どの CAD を使えばいいのかは、個人の好みに 左右される. しかし、初めて CAD に接する人にしてみれば、「紙と鉛筆、定規」が「画面とマウス」に置き換わ っているようなものが取り組みやすく、使いやすい CAD であと考える.

書籍で使い方の説明が説明されている CAD としては、Jw\_CAD<sup>(1)</sup>、AutoCAD<sup>(2)</sup> LT<sup>(2)</sup>が有名である。また、書籍 にはなっていないが、取扱説明書や初心者向けのチュートリアルが提供されている RootPro<sup>(3)</sup> CAD<sup>(3)</sup>もある。こ れらの CAD は初心者であっても比較的簡単に使うことができるため、推奨できる CAD であると考える。ここで は使用例として、Jw cad を使って設計を行なった例を示している。

#### 2・2 無料の磁界解析ソフト

発電電圧を計算するためには、コイルを貫通する磁束の解析が必要になる。静磁界から発電電圧を計算することが可能であるため、静磁界の解析ソフトがあればよい。また、精度の高い解析を行うためには 3D 解析を行うことが必須となるが、概略値を求めるのであれば、2D 解析結果を用いても、十分な精度の結果を得ることができる。磁界解析ソフトとしては、EMP3(4)、Super Moment(5)、femm(6)等がある。初心者にとって、解析を行う際に境界条件をどのように与えるのか、メッシュをどのように切るのかということは大変難しい問題となる。そこで材質の指定や寸法といった最低限の条件だけを与えればよいfemmを使用する。

# 2・3 無料の磁力計算ソフト

ステータ (フレーム) の厚み (強度) を計算するために磁石の鉄板への吸引力 (吸着力) が必要になる. 正確 に計算するためには,吸引面の磁束密度を計算し、この求めた磁束密度から吸引力を計算しなければならない. ここでは概略値が分かれば十分であるので,難しい計算をしなくても吸引力を求めることが出来る方法を用いる. 磁石の製造販売会社のホームページ(3)上で吸引力の計算を行うことが出来,それを使用する.

#### 2・4 無料の応力解析ソフト

無料で使える応力解析ソフトとして、Adventure(のや Adventure を組み込んだ DEXCS(®)がある。これらは優れたソフトであるものの、ある程度の専門知識を有しないと使うことができない。初心者が直感的に使うことができるソフトとして、Hari(®)がある。平板の撓みが計算できればよいので、手計算でも可能であるが、応力計算に関して知識を持たない人が行うことから、簡単な操作で概略値を得ることが出来ることが優先されるためソフトを使用する。この解析ソフトでは複数の分布加重を設定することはできないが、平板中央のたわみ量が分かれば十分であるために、分布加重を集中加重に置き換えて計算することで対応する。

#### 3. 設計手順

設計を行ったことがない人が、どのような手順で設計を進めていけば良いのかを順に示す。ここでは発電機に 関しての基礎知識を持っている人であるということを前提としている。また、ここで想定している小型発電機は 最大発電能力が 1000 [rpm], 500 [W] 程度までとしている。

#### 3・1 事前の調査

これから設計を行おうとする人にとって、どの程度の発電機であれば、どの程度の発電を行うことができるのか知ることが重要である。多くの人は、これまでに他の人が製作した、または販売されている製品を参考にするであろうと考える。これらは既に形状や寸法、性能等が分かっていることから、よい参考となる。これらの中から、自分が希望している回転数や発電性能に近いものを探し出す必要がある。インターネットには、多くの情報が提供されているので、専門書籍に頼らなくても、設計に必要とされる情報を十分に得られる。また、使用する材料に関しては、入手のしやすさや価格も重要である。最終的には製作するのであるから、加工や組立に関しても考えておく必要がある。自分が目標とする発電性能を満たしてくれるであろう発電機をイメージして、設計に着手する前に十分な調査を行う必要がある。

# 3·2 設計計画

事前の調査によって得られた情報から、イメージしている事柄を図面にすることから設計が始まるが、最初から最終形態を図面化するのではなく、検討しなければならない部位は、まず大雑把な寸法として全体像を明確にすることから始める。これにより、部品構成や組立手順、さらに組立時に寸法調節を行う必要がありそうになるのかが明らかになる。ここでは入手性を考慮し磁石は丸型、コイルは製作が比較的簡単なおむすび形を採用するものとする。また、製作を考慮すると、アウターロータ型は回転部分のバランスを取るのが難しくなることから、回転部分のバランス調整を殆ど考えなくてもよいインナーロータ型で考える。

最初に、外寸を決める必要がある。次に磁石は、市販されている磁石の中から最強であるネオジム磁石を採用する。 丸型磁石は着磁方向の厚みが 10 [mm] や 15 [mm] が入手しやすいので、これらを仮に使用する磁石とする。 磁石を取り付けるためのインナーロータ (ロータ) の材料としてはアルミが入手や加工のし易さから推奨できる材料である。 コイルに使用する電線 (一般にエナメル線と呼ばれている UEW 線や PEW 線) は、想定した電流負荷が加わった時に温度上昇が大きくならない大きさのものを選ぶ必要がある。

次にロータ軸や軸受けであるが、軸に対して外部からの大きな荷重を受けないようにすることで、軸の直径や 軸受けは共通の大きさで対応することができる。また、軸受けは既製品を使用することで、軸受け自体の設計を 省くことができる.

コイルを固定するバックョークに使用する材料は方向性電磁鋼板が最適であるが、一般軟鉄 (SS400) であっても効率が数 [%] 低下するものの、問題となる程の大きな鉄損は発生しない為に、予算に合わせてどちらを使用するのかを選択すればよい。

ロータやステータは加工性を考えてアルミの使用を推奨するが、錆を考慮しなければならない場合には、磁石が付かない性質を持つオーステナイト系ステンレス (SUS304 や SUS316) を使用することを考えればよい、 全体の設計フローを図1に示す、個々の概要については、それぞれに関して後述する.

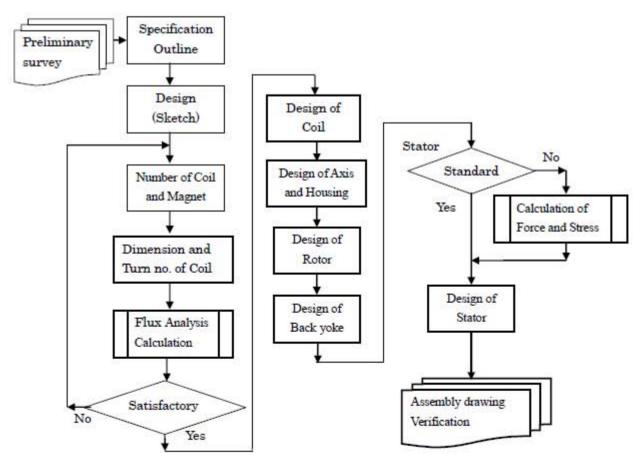


Figure 1 Flow Diagram

# 3·3 設計計画

図1に示したフローに従って作業を進めていけば難しい解析や計算をすることなく、計画した発電機の設計を 行うことができる。計画例として、以下の仕様の発電機の設計を行う場合について説明を進める。

外寸:220 [mm] (コイル外側寸法)

回転数:300 [rpm]

発電電圧:100 [V] (整流後実効値)

発電電力: 200 [W]

#### 3・4 コイルと磁石の数の検討

コイルと磁石の数を何個にするのかが、発電機の性能を大きく左右する要素の一つである。小型発電機での目安としては、コイル9個と磁石12個、またはコイル12個と磁石16個の組合せの場合に最大電圧を得ることが出来るので、この組合せのどちらかを選べばよい。例えば、外寸Φ150[mm]程度の発電機を考える場合には、コイル9個と磁石12個の組合せを、外寸Φ200[mm]を超えるならばコイル12個と磁石16個の組合せを基本として考えれば、効率よく起電力を得ることが出来る。むやみにコイルや磁石の数を増やしても、一コイル当たりの巻き数が少なくなること、また、磁石が小さくなることで磁束密度が小さくなり、全体として発電量が小さくなることからメリットはない。従って、この例では、コイル12個と磁石16個を採用するものとする。(但し、ここでのコイル数は片面当たりのコイル数を意味する。)

#### 3・5 コイルの寸法と巻き数

すでに仮の外寸を決めているので、その寸法に収まるように、コイルの外形を CAD で書いてみる。この時、 磁石の直径と回転半径を仮に決め、相対的に寸法調整を行いながら、コイルの巻き幅が最大になるようにする。 コイルの巻き幅が最大ということは、一コイル当たりの巻き数を最大にすることが出来ることになる。一コイル 当たりの巻き厚みに関しては、UEW 線が丸型であるのか平角型であるのかで違ってくるが、コイルの巻き厚み は磁気回路も考慮する必要がある。磁石間隔と磁石とバックヨークの間隔が発電性能に影響を及ぼす。磁石間隔 よりも、磁石からバックヨーク往復の寸法が小さいと効率のよい発電が行われるため、このことを考慮する必要 がある。図 2 に磁石間隔とバックヨークまでの距離の関係を示す。

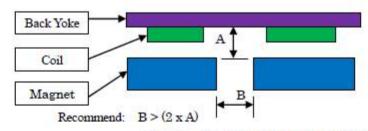
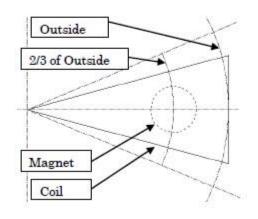


Figure 2 Placement of Magnet and Back Yoke

仮の外寸を220 [mm] と決めているので、この寸法を使い CAD によりコイルと磁石の位置を描く、図3に示すように磁石をコイル外寸の2/3程度に仮に描く、図3において磁石外側に接しない限度がコイルの仮の幅になる。磁石内側にコイルの内側が重なっていなければこの値を使う。但し、製作時の誤差を考慮し、コイルの各辺を各0.5 [mm] 程度小さくする。また、磁石間隔が予定している磁石とバックヨーク間よりも大きいことを確認する。

図4においてコイルの外形寸法と磁石の配置半径が決まったので、これらの値を使ってコイル起電力の計算を 行う.ここでは、図2の関係よりバックヨークと磁石との距離を3 [mm]、コイル厚みを2 [mm] として計算を 行う.(磁石間距離は6.5 [mm] であり、6.5>(2x3)となるから、図2で示した関係を満足する.)

磁界解析ソフトで使用する寸法は、磁石中心の半径上での寸法とする。また、コイル線径は電流値が 2[A]となるので、 $\Phi$ 0.5 [mm]とする。幅 16[mm]、厚さ 2[mm] に巻くことが出来る最大巻き数は(2/0.5)x(16/0.5)で求めると 124 回となるが、巻き効率 (一般的には 0.8 程度)を考慮すると 102 回となる。femm では厚みを入力する項目があるが、ここでの厚みは [1] とする。femm を使用して計算した結果を図 [1] に示す。



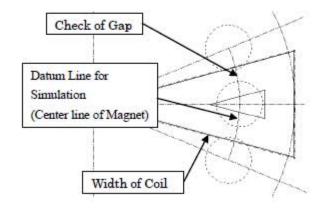


Figure 3 Temporary Disposition

Figure 4 Sizing of Coil and Magnet

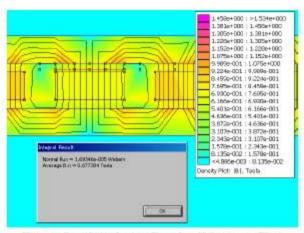


Figure 5 Simulation Result of Magnetic Flux

磁束から起電力を求めるために使用する計算式(10)は、古くから使われている基本式を応用して使用する.

$$V = 4.44 \times f \times N \times \Phi \times D \quad [V]$$

ここで

V: 起電力 [V]

f: 周波数(回転数とコイル数で決まる)

N: コイルの巻き数

Φ: 磁束 [Wb] (femm で求めた値)

D:磁石直径 [mm]

式 (1) に f=40、N=102、D=25、磁界解析ソフトで求めた磁束 Φ=1.7e<sup>-5</sup> [Wb] を代入する.

 $V = 4.44 \times 40 \times 102 \times 1.7e^{-5} \times 25$ 

= 7.7 [V]

この電圧がコイル一個当たりの起電力になる。今回は一相当たりコイル4個であるから、ここで求めた値を4倍 すると一相当たりの起電力になる。

 $Vphase = 7.7 \times 4 = 30.8 [V]$ 

さらにこの値を交流値に変換し、その後、直流値に置き換える.

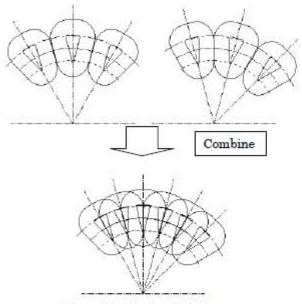
30.8 x 2 = 61.6 [V] (2 組あるので2倍する)

61.6 x √3 = 107 [V] (交流値)

107 / √2 = 75 [V] (実効値)

設計目標とした電圧 (100 [V]) に対して、計算結果が小さい、従って、電圧を増やす工夫を考える。式 (1) より同じ回転数で同じ磁石を使う場合、コイルの巻き数 N を増やせば、起電力が大きくなることが分かる。

しかし、ここで考慮しなければならないことは、3相出力とした場合の出力周波数である。300 [rpm] で回転すると、出力周波数は5 [Hz] でしかない、整流して使用するとしても周波数が低いので、周波数を上げる工夫を考える。また同時にコイル線に流れる電流が限界値であることから、この値を低減する必要もある。これらのことから、単にコイル巻き数を2倍にするのではなく、位相をずらしたコイルをもう一組配置することにより、周波数を2倍に上げると共に、コイルに流れる電流を半分にするという手法を用いる。磁石とバックヨーク間の距離が増えるために、現在のコイル位置での起電力は小さくなるが、等価的にコイル巻き数が増えることになるので、合計での起電力は大きくなる。



START

START

MAX 42 5

Figure 7 Instance of Coil

Figure 6 Design of Coils

図 6 に示す工夫を行ったとして、再度 femm により磁束を求め、起電力を計算する。コイルー個当たりの起電力は、内側(磁石に近い方)が 5.5 [V]、外側が 5.2 [V] という結果がえられる。これらの値をもとに出力電圧を計算すると 105 [V] となる。この値は目標としている 100 [V] を満足している。また、相数が 6 相になることで、一相当たりの電流値は約 1/2 になることから、コイル線に流れる電流値も半分の 1 [A] となり、許容電流値よりも小さくなる。 従って、コイルの幅は 16 [mm] 厚さ 2 [mm] として、2 層構造でコイルを配置するように設計を進めればよいことになる。

# 3・6 コイル設計

コイルを設計するための必要寸法が決まっているので、これらの値を使って設計を行う. コイル線を巻く際、 あまり小さな半径で曲げると絶縁被覆が剥離してしまうことがあるので、曲げ半径は最低でも1 [mm] となる ようにする. またコイルを巻くための治具を準備しないと、コイルをきれいに巻くことができない. これらを考慮した設計例を図7に示す.

# 3・7 軸と軸受け設計

軸の直径はロータ重量と回転速度、ベアリング間距離とを考慮して決める必要があるが、回転数が数 100 [rpm]、発電量が数 100 [W] であれば、10~15 [mm] とすることで十分な強度を有する。市販されている軸受け機構の内径に軸径を合わせることにより面倒な計算をすることがなくなる。1000 [rpm] で 500 [W] 程度までであると想定すると、軸径は 15 [mm] で十分であることから、ここでは軸径として 15 [mm] を使用する。あまり細い軸だとロータが偏芯してしまう為に軸は細くしない。

# 3.8 口一夕設計

ロータは磁石を固定するための部品でもあるため、使用する磁石と同じ厚みか、少し薄い厚みが必要になる。 ロータの厚みを 10 [mm] とすることで、磁石厚みが 10 [mm] から 15 [mm] 程度まで対応可能であるから、 ここではロータの厚みは 10 [mm] とする。但し磁石が薄い場合には磁石の厚みに合わせて薄くする。 磁石の 位置はコイルの寸法を決めるときに使った磁石位置をそのまま使用すればよい。図 8 に設計例を示す。また、軸 にロータを固定する金具も設計しなければならないが、その大きさや厚さと形状、締結用のスクリューやナット 類は、他の構成品と干渉しないように決める必要がある。図 9 に設計例を示す。

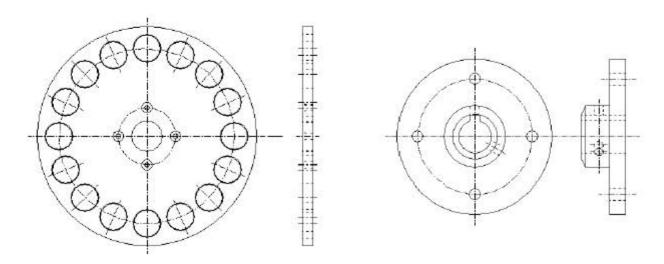


Figure 8 Design of Rotor

Figure 9 Design of Rotor Holder

#### 3・9 バックヨーク設計

バックヨークの厚みは、ある厚みを境にして、いくら厚くしても起電力が上昇しない飽和厚みがある。ここで使用すると仮定しているネオジム磁石の場合、バックヨークの厚みが約7 [mm]で、起電力が飽和状態になる。従って、7 [mm]以上の厚みを確保すれば、任意の厚みとすることが出来る。但しあまり厚くすると、起電力が低下するため、10 [mm]程度までにするのがよいことから、ここでは10 [mm]を使用する。幅は磁石が通過する幅と同じか、それよりも2mm程度大きくする。いくら大きくしても材料の無駄になるだけで、起電力が高くならないために、なにもメリットはない。

# 3・10 ステータ設計

ステータに取り付けるバックョークには磁石の吸引力が加わるため、ステータには磁石位置で力が加えられることになる。設計で磁石とコイルの間隔を1 [mm] としている。磁力によりステータが撓むことにより、コイルと磁石が当たらないようにするために、撓み量が0.3 [mm] 以下となる板厚を選択する。撓み量はステータが永久変形しない範囲で任意に決めればよいが、計画している磁石とコイルの間隙寸法や製作誤差を考慮すると、撓み量を大きくすることは避けるべきである。厚みを10 [mm] にすれば、撓み量を満足することができるので、ステータ板厚は10 [mm] とする。板厚を薄くするときには、Hariを使って、撓み量が問題ないことを確認するようにする。磁石による吸引力を求めるのは、前述したように製造販売会社のホームページで、使用する磁石により計算を行う。求めた吸引力に使用する個数を掛けた値が、合計の吸引力となる。この例では、50 [kg] とかる

Hari での寸法や力の与えかたは図10のようにする。また、計算結果を図11に示す。両端支持梁(単純支持)に置き換えて、バックヨークの中心位置に相当する二点に集中荷重が加わる計算を Hari で行うと、撓み量は0.1 [mm] となる。従って厚みに問題がないことがわかる。DEXCS を用いて、本来の4点支持、分布荷重による撓み量の計算を行った結果は0.08 [mm] であった。Hari で求めた値は、安全側に誤差が出ていることになるから、Hari での計算結果の使用に問題はない。

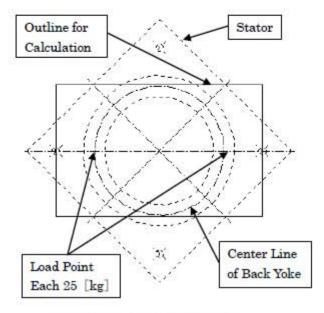


Figure 10 Calculation Model

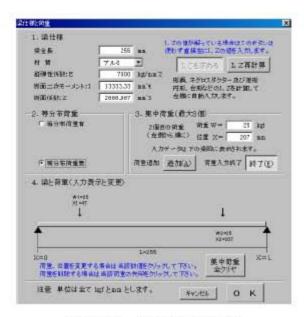


Figure 11 Calculation Result

#### 3・11 設計確認

ここまで要素ごとに設計を行ってきたが、最終的にこれらの要素を図面上で組み立てて、干渉等の問題が生じていないことを確認しなければならない。特にコイルとロータとの間隙に関しては、組立時に調整を行うことが出来るように配慮しなければ、これらが当たってしまって回転しない、という状況が生じる可能性がある。ワッシャを使って簡便的に調整することも解決方法の一つである。また接着により固定する場合には、接着剤厚みをあらかじめ考慮しておかないと、厚み分だけ寸法に違いが生じる。さらに、見落としがちになるのが加工誤差であるが、これを考慮しておくことが重要である。全ての確認が完了したものを最終図面として製作のために使用することで問題が生じることを防ぐことができる。

# 4. 試作と評価

ここまでに設計例として扱ってきた発電機を実際に試作し、これにより設計手法の妥当性を検証する. 実際に試作した発電機の設計図を図 12, 写真を図 13 から図 15 示す.

実験により得られた起電力と、比較基準とした有料解析ソフト(ELF/MAGIC, ELF 社, 3D 動解析)、検証対象である無料ソフトでの計算結果の対比を行う。

試作機 : 92 [V] 有料ソフト : 107 [V] 無料ソフト : 105 [V]

試作機の起電力が計算値に比べ小さな値であるのは、試作機のコイルと磁石の間隙が設計値よりも大きくなった 事が原因である。(設計値1 [mm] から実測値1.5 [mm]) 間隙調整をワッシャとスペーサにより行なうことが 出来るようにしているので、設計値である1 [mm] まで間隙を小さくすることが比較的簡単に実施可能である が、現在までに実施することができていない。コイルと磁石の間隔を実測値1.5 [mm] として、無料ソフトを使 用し起電力を再計算した結果は93 [V] となり、ほぼ実測値に一致する値であった。

これらの結果から、無料解析ソフトを用いて磁束計算を行い、それにより起電力を求めるという、今回提案した手法に問題がないと考える。また、設計手順も妥当なものであり、試作品の設計に戻り作業が生じる事も発生していない。

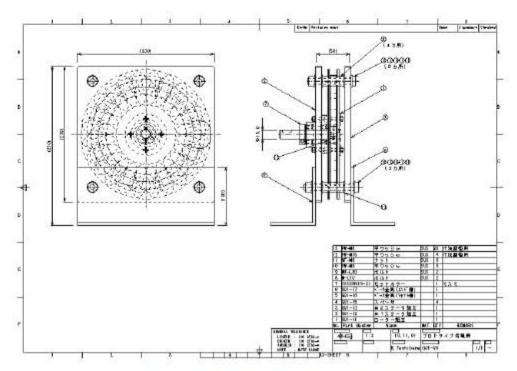


Figure 12 Drawing of Small Electric Generator

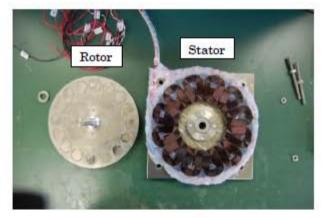


Figure 13 Stator and Rotor

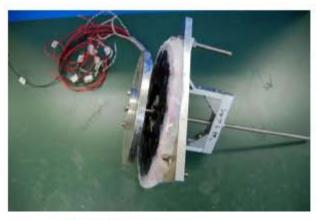


Figure 14 Assembling

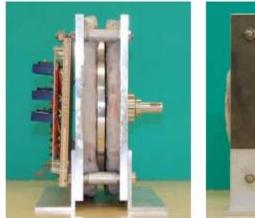




Figure 15 Prototype Small Electric Generator

# 5. 結 言

無料のCADと解析ソフトを用いて小型発電機の効率的な設計方法と実際の手順を提案した。

今回想定した回転数範囲や発電量であるなら、材料の標準寸法を準備することにより、設計にかかる時間の短縮 や労力の低減が可能になると考えられる。また、専門的な解析を行わず、簡便な手法を用いることによっても、 高度な解析や計算を行ったのと同等の結果が得られることを確認した。

今回、機能や性能を比較するために使用した数種類の CAD ソフトや解析ソフトは、初心者であっても比較的 簡単に使用することができる。解析ソフトは、製作のための設計のみならず、大学での学生の教育においても、 図や表により解析結果を目で見ることができるため、学生は容易に理解を深めることが出来ると考える。

発電機の自作を考えていても、どのように設計を進めればよいのか分からない場合でも、今回提案した手順を 用いることで、小型発電機であれば容量に関わらず設計を行うことが出来ると考える。

# 文 献

- Shimizu, J. and Tanaka, Y. "Welcome to JWW Home Page". Jw\_cad. (online). available from <a href="http://www.jwcad.net/index.htm">http://www.jwcad.net/index.htm</a>. (accessed 2010-4-1).
- (2) Autodesk®. "製品情報". Autodesk®. (online). available from < http://www.autodesk.co.jp/adsk/servlet/home?siteID=1169823&id=3551938>. (accessed 2010-4-1).
- (3) 株式会社ルートプロ. "HOME". 株式会社ルートプロ. (online). available from <a href="http://www.rootprocad.com/">http://www.rootprocad.com/</a>>. (accessed 2010-4-1).
- (4) Field Precision LLC. "Educational RESOURCES". Field Precision. (online). available from <a href="http://www.fieldp.com/educa.htm">http://www.fieldp.com/educa.htm</a>. (accessed 2010-4-1).
- (5) 関谷晴隆. "Super Moment". Vector. (online). available from <a href="http://www.vector.co.jp/soft/win95/edu/se078148.html">http://www.vector.co.jp/soft/win95/edu/se078148.html</a>. (accessed 2010-4-1).
- (6) David Meeker. "HomePage". Finite Element Method Magnetics. (online). available from <a href="http://www.femm.info/wiki/HomePage">http://www.femm.info/wiki/HomePage</a>. (accessed 2010-4-1).
- (7) ADVENTURE プロジェクト、"ホーム". ADVENTURE プロジェクト. (online). available from <a href="http://adventure.sys.t.u-tokyo.ac.jp/jp/">http://adventure.sys.t.u-tokyo.ac.jp/jp/</a>. (accessed 2010-4-1).
- (8) 柴田良一. "トップ". DEXCS Official Wiki. (online). available from <a href="http://dexcs.gifu-nct.ac.jp/pukiwiki/index.php?DEXCS%20official%20Wiki">http://dexcs.gifu-nct.ac.jp/pukiwiki/index.php?DEXCS%20official%20Wiki</a>. (accessed 2010-4-1).
- (9) 匿名. "Hari". Vector. (online). available from <a href="http://www.vector.co.jp/soft/business/se479363.html">http://www.vector.co.jp/soft/business/se479363.html</a>. (accessed 2010-4-1).
- (10) 電気学会, "電気機器設計", (1998), pp. 131-132, 電気学会