

**卒業論文**

**小型風力発電機の CAD 設計とインターネット通信**

**平成 14 年 2 月 5 日**

**高知工科大学 坂本研究室  
1020416 吉岡 秀高**

## 目次

1 . 緒言-----	1
1-1 . 研究室でのプロジェクト	
1-2 . 研究の目標	
2 . 小型風力発電機の CAD 設計-----	2
2-1 . 現在の風力発電の情勢	
2-2 . 風車の種類	
2-3 . 小型風力発電機開発のコンセプト	
2-4 . 450mm 発電機	
2-5 . 250mm 発電機	
2-6 . 現在の開発状況	
3 . インタネット通信-----	7
3-1 . CAD 図面のインタネット通信	
3-2 . XVL ファイル形式	
3-3 . 問題点、課題	
4 . コラボレーションシステム-----	11
4-1 . コラボレーションの必要性	
4-2 . コラボレーションソフト	
4-3 . コラボレーションに必要な機能	
4-4 . 問題点	
4-5 . CCS コラボレーションソフト	
5 . 考察-----	14
6 . 結言-----	15

## 1. 緒言

近代、IT産業の急速な発達により、インターネットによる情報伝達が盛んにおこなわれている。一般家庭でも電子メールは日常に使い、webからの情報入手も容易である。人に手紙を出すには、便箋、封筒、切手を用意し、郵便ポストまで足を運ぶというのがこれまでの常識であった。それが電子メールを使うことで、これらの作業があっという間に完了し、瞬時に相手に情報を提供することができるようになった。手書きの手紙も重みのある情報伝達手段等、利用価値は明確に残っているのだが、ここ数年の電子メールの普及は目を見張るものがある。

一方、機械工学での設計はドラフターから2D-CAD、3D-CADに推移している。設計は従来、複数の人数で実施し、また、ユーザーとメーカーあるいはメーカー同士で設計会議を設けて決めていくのが普通であった。開発を主にコンピュータ上で進めている以上、インターネットを用いて遠隔地同士で設計を相談して進めることができれば、出張が不要になり、設計製造の大幅な時間短縮が可能となる。また、経費も少なからず削減できる。

このような観点からインターネット分散設計の研究を進めている。今回、小型風力発電機(写真1.)のCAD図面の例でインターネット通信を実施した。



写真1. 450mm小型風力発電機

### 1-1. 研究室でのプロジェクト

高知工科大学坂本研究室には大学院生4名、学部生8名、計12名が在籍している。本研究室では、  
小型電気自動車の製作  
小型風力発電システムの開発  
を2本柱として研究を進めている。報告者はこの小型風力発電機の製図を担当する。



写真2. 小型電気自動車



写真3. 小型風力発電による街路灯

### 1-2. 研究の目標

電気自動車、風力発電機共にCADにより製図を実施している。現時点ではそれぞれ各パーツの関連業者とのデータ交換は印刷した用紙によって、実際に相手側の人と会い、打ち合わせを実施している。

そこで、本研究室でも設計製造ネットワークの充実を図るために、日本でも注目されはじめているインターネット上でのコラボレーション(協力)システムを研究することとなった。大学の性質上、他企業と共同でプロジェクトをすすめることが多いため、近い将来、このシステムはなくてはならないものになる。電気自動車、風力発電機の完成を目指すと同時に、それらの進捗状況を見ながら、同システムをつくりあげることが今回の研究の目標である。

以下、報告者が担当した発電機の図面詳細も含めて、研究内容を報告する。

## 2. 小型風力発電機の CAD 設計

### 2-1. 現在の風力発電機の情勢

風力発電とは、風力エネルギーを発電機により電気エネルギーに変換することである。風力エネルギーは、風向、風速が変動するため、太陽エネルギー同様、安定したエネルギーを得ることは難しい。しかし無尽蔵の半永久的エネルギーといえる。

全世界の風力発電の設備能力は、年々増加し続けている。環境に対する関心が非常に高くなってきている。しかし、日本では徐々に増えているとはいえ、そのシェアは全世界のわずか 1%にも満たない。日本にも大型風力発電機の建設可能な場所は以外と多い。環境問題がますますクローズアップされている近年、日本の風力発電量も多くなっていくはずである。いや、増やしていく義務があるだろう。

### 2-2. 風車の種類

風車は大きく水平軸形と垂直軸形に分類することができる。表 1. に代表的な風車の分類を示す。また、その中でもプロペラ式と、今回、実際に発電に使用するサボニウス式の風車を写真 4、5 に示した。

風車	水平軸形	揚力形	プロペラ式 セイルウィング式 オランダ式 多翼式
		効力形	パドル式 ダリウス式
	垂直軸形	揚力形	ジャイロミル式 フレットナー式 サボニウス式
		効力形	パドル式 クロスフロー式

表 1. 風車の分類



写真 4. セイルウィング式 (左)  
写真 5. サボニウス式 (右)

### 2-3. 小型風力発電機開発のコンセプト

今回の小型風力発電機の開発に参加するのは、

- ・ (有)エム・エム・エス・製作所
- ・ (株)スカイ電子
- ・ (有)坂本技研
- ・ 高知工科大学 坂本研究室 である。

小型風力発電機を開発する目的は、比較的小さな発電量でまかなえる街路灯などの独立電源をつくることである。エネルギー源が風力であるため停電や断線等に左右されることはない。災害時などに力を発揮させようというのが狙いである。

街路灯を例にとると、発電した電気を充電しながらひかりを灯すにしても、ある程度安定した電力供給が必要条件になる。表 1. で紹介した揚力形と抗力形風車、また水平軸形と垂直軸形のどのタイプが街路灯の発電に適しているか。



図 1. 揚力、抗力の発生原理

揚力とは上のように風が翼にあたることで翼の上に押し上げようとする力である。風が強ければ強いほど比例的に揚力は大きくなる。従って揚力形の風車は風速の数倍以上の高い過速度で回転することができる。それに対して抗力は揚力ほど風の影響は受けないが、微風でも力は発生する。

$$P = 2\pi f T$$

この数式は風車の回転数 (f) とトルク (T)、発電機の出力 (P) の関係を表したものである。これより揚力形風車は【高回転の高出力型】、効力形風車は【低回転の高トルク型】と定義することができる。

次に水平軸形と垂直軸形の性質である。垂直軸形は水平軸形のように風向制御を必要としない。しかし、垂直軸形風車は水平軸形に比べて重量が大きくなるという難点がある。

街路灯は大きな電力を必要としないため、一定した電力を供給するには抗力形の風車が適している。また発電機が小型であることより、風車自体も大きくする必要はなく、風向制御を必要としない垂直軸形で全く問題はない。このことから抗力形・垂直軸形のサボニウス風車を利用して風力発

電機を政策するに到っている。

街路灯発電には太陽電池も利用する。太陽、サボニウス風車による風力、の両エネルギーより発電するシステムの簡易見取り図を下の図 2 . に示す。

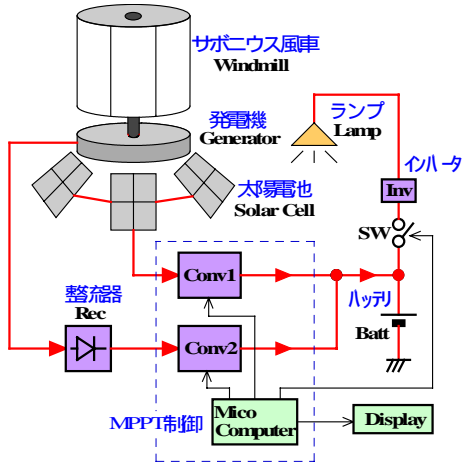


図 2 . 街路灯発電システム

下の写真 6 . は製品化に成功した 350mm サイズの発電機を採用した、モニュメントタイプの街路灯である。



写真 6 . 風力・太陽光ハイブリット発電街路灯 (高知県南国市道の駅)

#### 2-4 . 450mm 発電機

製品化した 350mm 発電機の設計を元に、発電量の違う 450mm、250mm (以下 mm 省略) の両サイズ発電機を試作することになった。

450 と 250 発電機の各設計図面を、高知県南国市の (株) 坂本技研、高知工科大学坂本研究室で分担した。製図はすべて “Solid Designer” 3D-CAD によって作成した。できあがった各パー

ツの中心を合わせ、組み立て図を作成した。

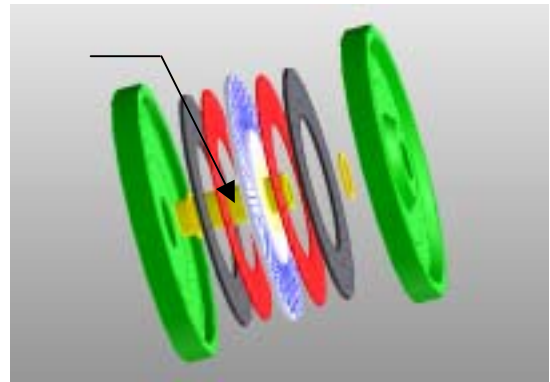


図 3 . 450 発電機 3D 全体図

3D 全体図 (図 3 .) の中心パーツは、円の中心を軸に円状に 24 枚配置した コイル、回転の軸となる シャフトを樹脂によって固めたアセンブリである。コイル・シャフトのアセンブリから両サイドに順に、円状に配置した 磁石、バックヨーク、スペーサー、ハウジングとなる。

#### 【各パーツの役割】

発電はコイル上を磁石が回転することで起きる。バックヨークは 32 枚の磁石を固定するためのものである。ハウジングはその名のとおり、発電機を覆うカバーである。磁石、バックヨーク、ハウジングは 1 つのアセンブリとなる。この発電機の場合はコイル・シャフトのアセンブリを固定し、磁石 (ハウジング) を回転させる仕組みになっている。スペーサーはハウジングをシャフト上でスムーズに回転させるベアリングの役目をする。

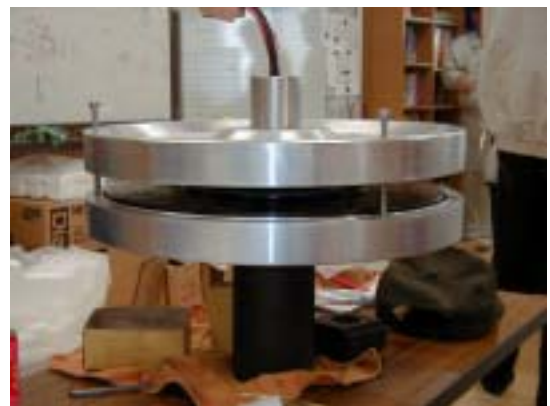


写真 7 . 450 発電機 (試作)

写真 7 . は作成した図面を元に試作した組み立て段階の 450 発電機である。

以下に報告者が担当したパーツの 3D 図面、2D 図面、及び写真を以下に紹介する。

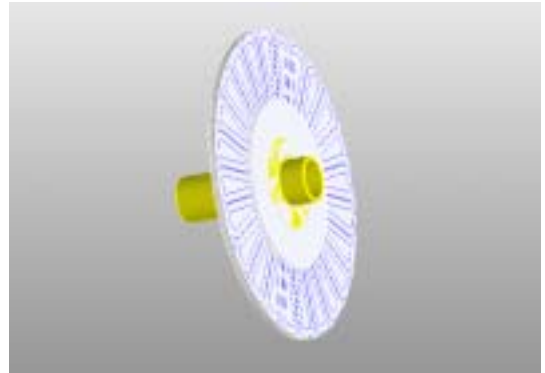
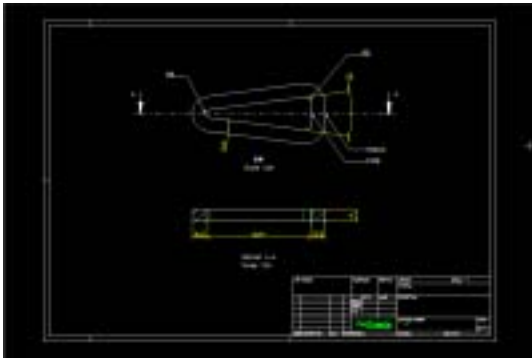
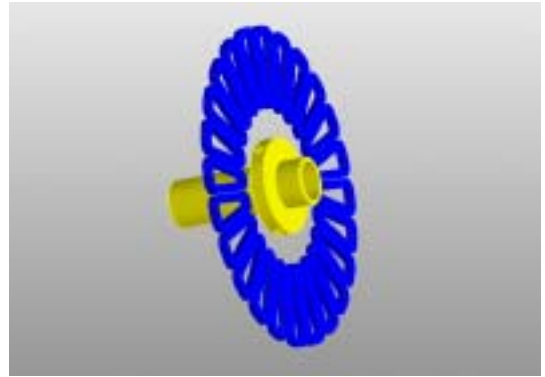
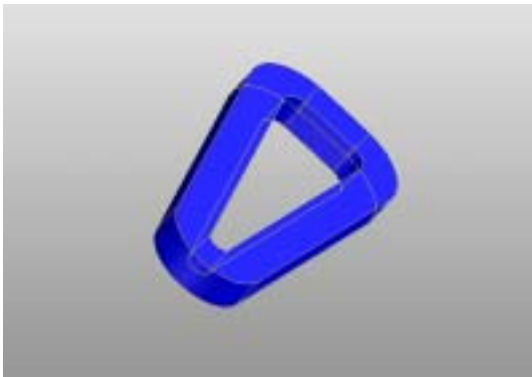


図 4 . コイル単体 ( 450 )

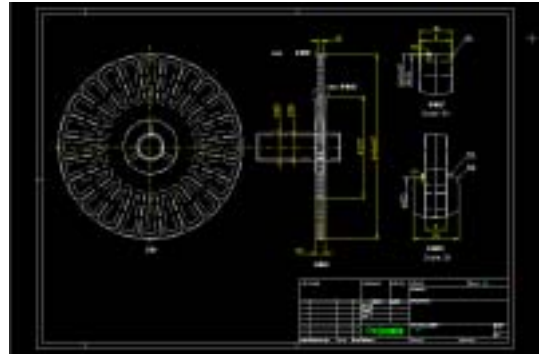


図 6 . コイル・シャフトアセンブリ

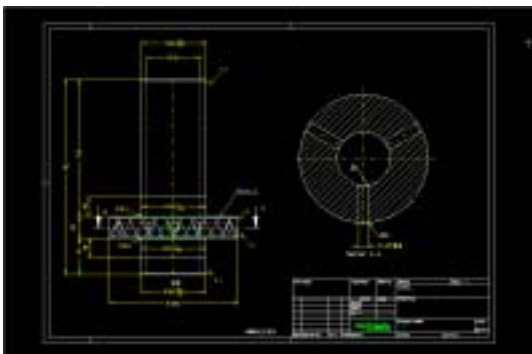


図 5 . シャフト



写真 8 . コイル・シャフトアセンブリ

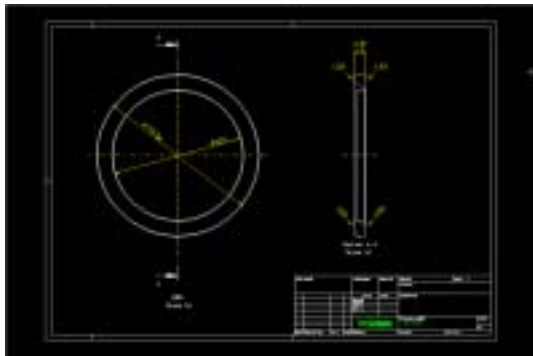


図7. スペース

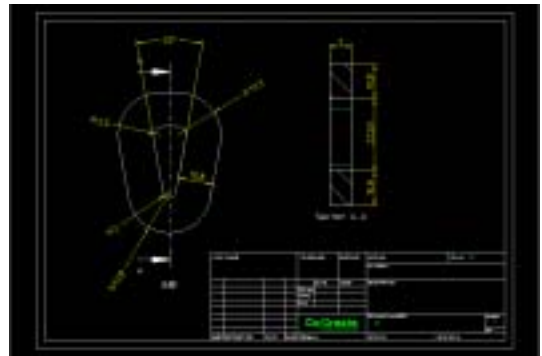
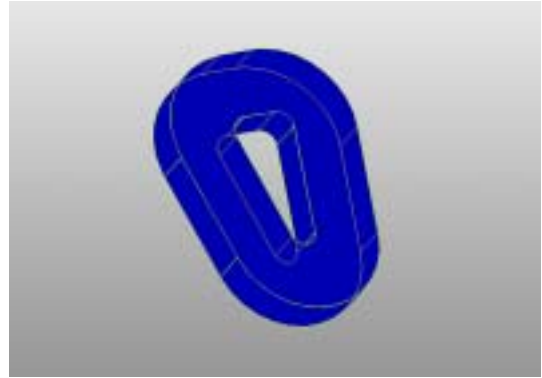


図8. コイル単体 ( 250 )

### 2-5. 250 発電機

先に製品化した 350 発電機は 300 回転で 300W 発電が可能である。この実験結果を元にすると、450 は同じ回転数で 1KW、250 は 100W 発電できるというのが予想であり、目標である。なぜこのような目標値になったのかはここでは省略する。

本題の 250 発電機だが、450 発電機の場合と大きく変わる点を下の表に示す。

	コイル単体枚数	磁石枚数	コイル固定方法
450	24	32	樹脂
250	18	24	木枠

表2. 450 250 の変更点

450 発電機を試作した段階で、コイルとシャフトを固定させる為の樹脂にコストがかかり過ぎるという問題があった。試作のため、コストは最小限におさえる必要がある。そこで 250 発電機では樹脂ではなく、木枠によって固定することにした。450 では樹脂をコイル単体同士の間、及びシャフト周りに流し込むことで固定ができたが、木では各コイル単体等の枠組みを精密に設計しなければならない。250 のコイル単体図面、木枠の詳細を次に示す。

ここで 450 のときには省略したが、コイルをどのように巻くのか、250 を例に説明する。コイル 1 本の直径は 0.9mm で、巻くことのできる範囲は下の図に示すように 7mm × 10.8mm の枠内である。

図9  
コイ

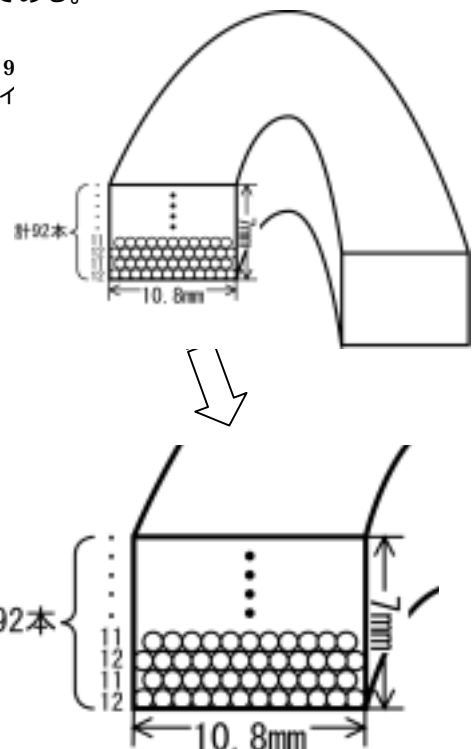


図9.に示したように10.8mmの底辺に0.9mm径のコイルを12本配置する。次に2段目からは段ちがい状に11本、12本、11本とコイルを配置していくと、計92本のコイルを巻くことができる。要するにこのコイル1ユニット(単体)は92ターンということになる。



図10. 木枠



図11. 木枠拡大図

図11.に関して、コイル形状のくり貫きの先端に2本のくぼみがあるが、これは1くぼみにつき1本発電機に通じるコイルを取り出してくるためのものである。



写真9. 木枠

レーザー加工で木枠(写真9.)を作ったが、構造上、強度に問題があり、磁石とコイルによる負荷に耐えられず破損してしまった。現在、コイル枠に、木枠とほぼ同じ設計でペークライトという素材を利用することを検討中である。

## 2-6. 発電機の開発状況

450 発電機については、解析ソフトの導入が遅れたこともあり、動磁場解析を実施する前に試作機ができた。250 発電機はほとんどのパーツの図面化が終了している。現在大学の研究室に導入されている解析ソフトによって、作成した両サイズ発電機の図面をモデル化し、磁束密度や開放電圧(抵抗のない条件での発生電圧)等を解析している。250 発電機に関しては、解析結果を踏まえて改良を加え最適設計を行う。

H14 年度中には250の試作機を完成させ、450共にさまざまな実験や解析を実施し、どちらのサイズの発電機が製品化に適しているかを決定する。サイズを決定した上でさらに実験を重ね、早期製品化を目指す。



### 3. インタネット通信

#### 3-1. CAD 図面のインタネット通信

データの転送方法は例えば、

磁気記録媒体（フロッピディスク、MO、CD-R 等）

遠隔 LAN

e-mail

コラボレーションツール

が代表的なものである。

これらの方法のうち、は最近では大容量の記録媒体が比較的安価に入手でき、わずかな機器の装置費用で実施できるが、その各記録媒体の受け渡しには郵便等を利用するため、相当な時間がかかってしまうという問題点がある。は高速にデータ転送できるが、受け渡し双方に高価な設備が必要となる。は容量の制限はあるものの、現状のインターネットの普及を考えると最も容易に高速で遠隔地にデータを転送することができる。は現在、各ソフトメーカーが盛んに販売を始めたもので、インターネットに接続できる環境にあれば比較的容易に遠隔地とのデータ転送ができ、さらにリアルタイムに両者が同じ図面を見ながらの打ち合わせができるシステムである。

この章では、二章で紹介した 450mm 小型風力発電機の CAD 図面を と について実施した結果を報告する。

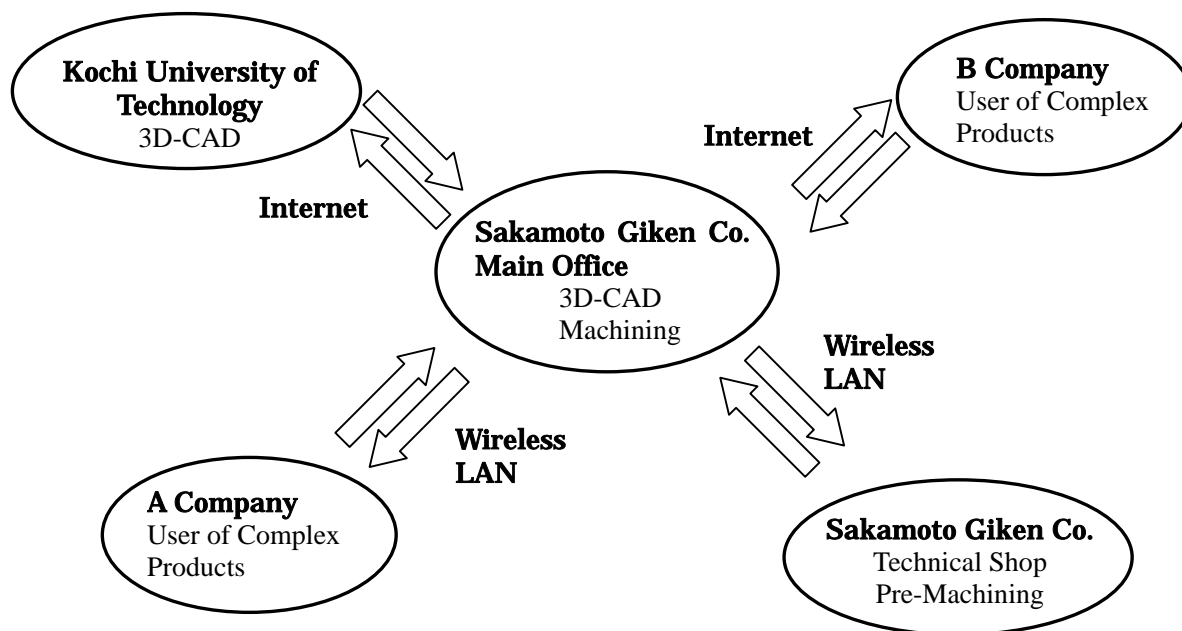


図 12. 高知工科大学と（有）坂本技研のネットワークシステム

高知工科大学と高知県南国市にある（有）坂本技研をネットで結び、発電機の分担設計を実施した。図 12. にネットワークを示す。（有）坂本技研本社と坂本技研工場は無線 LAN で、また坂本技研と A 社も無線 LAN で結ばれている。高知工科大学内は 100Mbps の光ファイバー網であるが、外に出ると NTT インタネット専用線が 6Mbps、坂本技研が参加する無線 LAN ネットの入り口が 1.5Mbps、無線 LAN 内は 10Mbps の伝送速度である。

【磁気記録媒体によるデータ交換】

磁気記録媒体とされるフロッピディスク、MO、CD-R の中でも、フロッピディスクに関しては、ほとんどの PC で標準にシステムが装備されている。報告者もこれまで、データの移動はほとんどフロッピディスクによって行ってきた。しかし、それは自分の使用するパソコン間での移動であり、あくまでデータは人間といっしょに動いている。

いいプロジェクトには、度重なる設計（予定）変更が伴う。自分一人のプロジェクトなら問題ないが、他人と共同のものになると、変更のたびに相手側に向いてデータを交換するという作業はあまりにも時間的にロスがある。報告者も実際、坂本技研とのデータ（小型風力発電機）交換をまれにフロッピディスクや CD-R で実施するが、やはり相手側と打ち合わせの時間がとれたときのみ利用にとどまり、それ以外は e-mail でデータ交換を行うようにしている。

【e-mail によるデータ交換】

e-mail によるデータの転送はファイルサイズが問題となることはあるが、比較的容易に相手側とデータ交換が可能である。

これまでに紹介してきた 450mm 風力発電機の図面ファイルを、坂本技研に、あるいは坂本技研から大学にネットワーク上で転送した。BDL（Solid Designer 専用ファイル形式）と IGES の両ファイル形式で送受信を試みたが、IGES 形式では容量が大きくなり送受信にかなりの時間がかかってしまった。

そこで圧縮ソフト“+Lhaca”をネット上からダウンロードし、製作した図面を BDL、IGES の両形式ファイルをそれぞれ圧縮（LHA 形式）して、容量を確認し、再度送受信の実験を実施した。その結果、IGES ファイルの容量は大きく変化し、ネット上での転送に支障がなくなった。表.1 に各ファイル形式の圧縮前と圧縮後のサイズを示す。

表 3 . ファイルサイズ比較（単位：KB）

	BDL ファイル		IGES ファイル	
	標準	LHA	標準	LHA
コイル 1 枚図	56	52	162	22
コイル 24 枚図*	397	369		
スペーサー	32	31	96	13
シャフト	398	362	2,504	583
樹脂	60	55	202	26
コイルアセンブリ*	879	793		
全体図*	1,570	1,420		

\*これらの図面は複数のパーツをアセンブリしたもので、IGES ファイルで保存することはできなかった。

なお、BDL、IGES 形式の平均圧縮率を表 4 . に示す。

表 4 . ファイルサイズ比較（単位：KB）

	BDL ファイル	IGES ファイル
平均圧縮率（%）	92.2	9.0

3-2 . XVL ファイル形式

近年、ネットワーク上での利用に重点をおいた 3 次元データフォーマットである XVL( Extensive Virtual Reality Description Language ) という形式が注目されている。

450mm 発電機の開発において坂本技研との e-mail による図面データの交換がうまくできたといっても、双方とも同じ CAD ソフト、圧縮ソフトを使っているという条件付である。現に 450mm 発電機の図面を IGES 形式で圧縮せずにデータ転送するには、容量が大き過ぎて相当の時間がかかってしまう。そこでその XVL というファイル形式について調べることにした。ここでも、

450mm 風力発電機の CAD 図面に関して XVL 形式を試し、他のファイル形式と比較し評価することにする。

【SD 形式 XVL 形式】

「XVL Converter Plug-in  
for Solid Designer 2000+」

このソフトは BDL 等の Solid Designer 専用形式で製作したモデルを図 13 . のように XVL 形式で出力するためのコンバータである。「パート」や「アセンブリ」の階層\*も保持したまま出力することができる。

元ファイルのサイズによっては高い CPU 性能やきわめて多いメモリ容量を必要とするため注意が必要である。

\* この場合の断層は、Windows でいうフォルダのようなもので、Solid Designer でいうアセンブリ断層のことである。

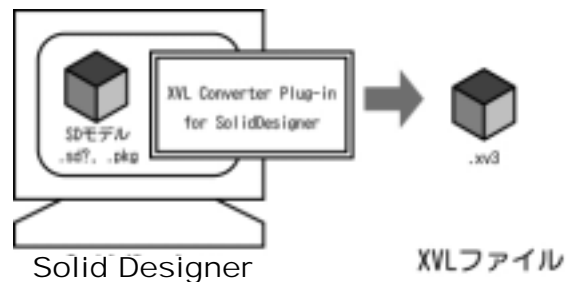


図 13 . “ XVL Converter Plug-in for Solid Designer 2000+ ” 概要

【評価方法】

ミドルレンジの CAD システムである「Solid Designer」で作成した 7 つのファイル（以下 SD ファイル）を表 4 に示した形式で出力する。ファイルは「パート」または「アセンブリ」の形で存在している。形式によっては「パート」のみしか出力できないため、その場合は省略する。それぞれの出力後のファイルサイズを比較する。また、出力したファイルを「LHA 形式」に圧縮し、データサイズ圧縮率の比較を行う。なお、XVL 形式での出力許容誤差は全て 0.1 である。

表 5 . 評価に使用するファイル形式

ファイル名	出力可能な単位	ファイルの特徴
SD 形式	すべて	Solid Designer のオリジナルファイル形式(BDL など)
XVL 形式	パート・アセンブリ	高い精度と軽量性を持つファイル形式
STL 形式	パート・アセンブリ	CAM 等で利用される形式
STEP 形式	パート・アセンブリ	新しい汎用ファイル形式
IGES 形式	パート	汎用の 3D-CAD 用で、さまざまな CAD で対応している
ACIS 形式	パート・アセンブリ	MDT 等で利用されているソリッドカーネル(基本部分)
VRML 形式	パート・アセンブリ	3D データを web 上で表示させるためのファイル形式

なお、評価に使用した PC と OS、XVL コンバータ、Solid Designer のバージョンは以下の通りである。

- ・評価機：DELL Precision330
- ・CPU：Intel Pentium 1.7GHz
- ・メモリ：512MB
- ・OS：Windows NT Workstation 4 (SP6a)
- ・3D アクセラレーション：あり
- ・XVL コンバータ：「XVL Converter Plug-in for Solid Designer 2000+」

【結果】

それぞれの結果は以下の通りである。SD (BDL 形式) IGES 両ファイルサイズに関しては、表 3 . で示したのでここでは省略する。

表 6 . ファイルサイズ比較 (KB)

	XVL	STL	STEP	ACIS	VRML
コイル 1 枚図	0.9	93	23	15	16
コイル 24 枚図	10.5	2,160	616	370	364
スペーサー	0.9	244	13	8	51
シャフト	6.7	714	669	540	163
樹脂	3.3	938	26	15	192
コイルアセンブリ	6.7	3,780	1,300	926	719
全体図*	89.0	20,623		2,057	3,548

複数回保存を試みたが原因不明で出力不可能

表 7 . LHA 圧縮後のファイルサイズ比較 (KB)

	XVL	STL	STEP	ACIS	VRML
コイル 1 枚図	0.9	7	6	3	4
コイル 24 枚図	10.5	172	127	75	80
スペーサー	1.0	24	4	2	11
シャフト	6.7	79	240	215	43
樹脂	3.4	86	6	3	45
コイルアセンブリ	6.7	336	373	295	168
全体図*	89.5	1,571		480	706
平均圧縮率 (%)	100	8.8	23.5	25.7	23.0

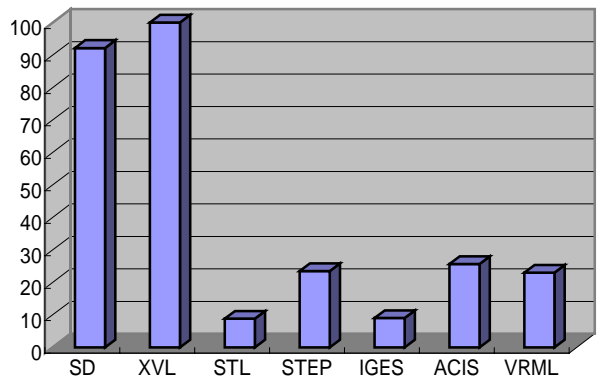


図 14 . LHA 圧縮の平均圧縮率グラフ (%)

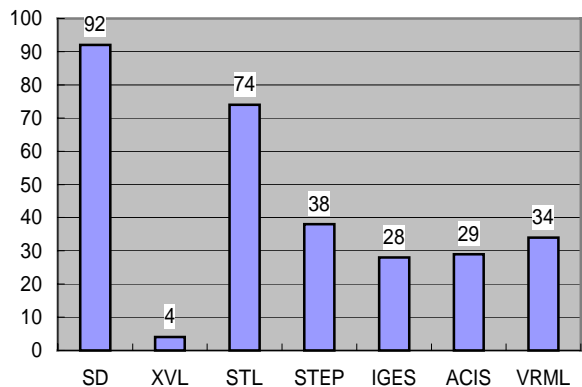


図 15 . 圧縮前の SD ファイルサイズを 100 とした場合の各ファイル LHA 圧縮後サイズ比較

【考察】

XVL 形式と他のファイル形式のサイズの違いは一目瞭然である。XVL 形式が圧倒的に小さい。SD ファイルのサイズが比較的小さい場合、XVL 形式では数 KB に抑えられる。他のファイル形式では SD 形式よりもファイルサイズが大きくなるものが多い。また、SD 形式よりも小さくなるものもあるが、XVL 形式はそれらよりもさらに小さいサイズとなる。ネットで利用するという事だけを考えると XVL は非常に有効なファイル形式であると言える。

次に圧縮後のファイルサイズである。XVL 形式はほとんど圧縮されない（逆に圧縮前より若干サイズが大きくなった図面もある）。その他の形式では 30%以下にまで圧縮できた。これは IGES 等の形式はテキストベースのフォーマットであるため、圧縮がかかりやすいと考えられる。既存の形式（IGES 等）の圧縮に関して、SD 形式から XVL 形式へ変換したもの（この実験での平均約 4%）と比較すると優れているとは言えないが、あまり大きいものでなければネットでの使用も可能であると考えられる。

### 3-3. 問題点、課題

実際に坂本技研とのデータ通信に利用したファイル形式は、SD 専用形式である BDL と、現在画像データの形式としては最も利用されている IGES のみである。また、意見交換や打ち合わせは、ほとんど実際に会って実施した。コラボレーションソフト等を利用すれば、さらに開発の時間短縮や経費削減が可能となるだろう。

現在、大学の研究室では、いくつかの CAD アプリケーションからの XVL 形式を出力する plug-in の開発などをはじめ XVL の使用に対して周囲の環境は整いつつある。現段階では XVL を読み込み表示できる CAD システムが少ないが、これらの環境が整ったとき XVL はその力を発揮していくと考えられ、今後の動向を見極めていく必要がある。この XVL ファイル形式でのコラボレーションの概要は第 4 章で述べることにする。

今回、風力発電機の図面において、いろいろなファイル形式を試したが、IGES などの既存のファイル形式は扱いにくい点もあるが、長く使われている形式だけにその問題点も分かってきている。性能の良い変換ソフトも存在するので CAD で利用するデータは、当面はこちら（IGES 等の既存のファイル形式でのデータ交換）が主流であることが予想される。

## 4. コラボレーションシステム

### 4-1. コラボレーションの必要性

現在の変種・変量生産の時代において商品の開発から販売というプロセスは、過去の「作れば売れる」という大量生産の時代と比較して大きく変化している。日々変わる消費者のニーズに対応するためにあらゆる無駄を省き、魅力ある商品を作るために、限りある時間内で商品を洗練させていかなければならない。それには商品の企画から開発・設計・製造・営業・販売・保守（サービス）などの流れにおいて、現在よりもさらに無駄を省いた迅速で円滑、そして確実な作業が必要になってくる。

しかし、それらのプロセスの中で、実状として以下のような問題が付きまとっているようだ。

- ・各部署の進行状況がわからない
- ・変更点が伝わっていない
- ・必要な情報がすぐにはわからない
- ・複数の人間がモデルの構造をチェックしづらい
- ・問題点がわからないまま作業を進めてしまう
- ・その他

これらの問題は望まれるプロセスの大きな障害となる。これらを克服していくためには、商品に関わるすべての部署、あるいは企業がその枠を超え、互いに協力（コラボレーション）していく必要がある。

この章では、部署・企業間で“コラボレーション”を実現していくためのインフラとなるコラボレーションソフトについてと、同ソフトを、今回製図を担当した小型風力発電機の開発にどのように活用していくかを報告する。

### 4-2. コラボレーションソフト

設計が3次元CADに移行しつつある現在、以前と比べてつまらない設計ミスは減少してきたものの、ものづくりの流れを考慮した設計が完全に行われているとは言えない。また、設計者のみでデータの不具合を発見するには限界がある。これらの問題を解決するには商品に関わる各部署の人間を含めた複数の人間によるモデルチェックが不可欠である。また、不具合がある場合や設計の変更があった場合、関係する人間すべてにその情報が伝わらなければいけない。

しかし実際の状況として全ての部署が頻繁に打

ち合わせを行いながら商品開発し、問題点などの迅速な修正や進行状況の把握、変更箇所の連絡などが出来ている企業は少ない。また、部署・企業間が物理的に離れている場合、打ち合わせの度に一箇所に集合する必要があるためコストや時間などの面で改善すべき問題である。

これらのチェックを行う際、それぞれの人の前にモデルを表示させ、モデル製作者を含む複数の人間がネットワークを介し距離や時間を気にせず参照出でき、意見を交換しながら協力（コラボレーション）し合える環境が必要である。このようなネットワークを通じてコラボレーションを行うためのインフラとなり、デザインレビューを行うソフトをここではコラボレーションソフト\*と呼ぶ。

- \* 一般に言われている広い意味でのコラボレーションソフトは、このようなデザインレビュー用の機能を持ったソフトウェア以外にも、スケジュール調整や進捗状況の報告・確認、業務フローの管理機能など、様々な機能を持つソフトウェアも含まれる。

### 4-3. コラボレーションに必要な機能

設計に関して、コラボレーションソフトとして必要だといわれている機能や特性を下記に挙げる。この他にも作業内容によっては他の機能も必要だと考えられる。

- ・3次元モデル表示機能
- ・高価なCADシステムを導入せずに複数の人間でモデルを参照できる（導入コストの削減）
- ・設計担当以外の人間（営業など）でも簡単に扱える操作性とインタフェースの整備
- ・構造上の問題点を発見するために必要な機能の充実（寸法や断面図の表示機能や干渉チェック機能など）
- ・参加者全員が同じ画面（視点）を表示・共有できる
- ・会話（チャットなど）機能とその内容の保存機能
- ・議事録作成機能
- ・モデル上へのコメント（注記）作成機能
- ・その他

これらの機能を持つコラボレーションソフトはすでにいくつか存在する。その多くは図16.のようにサーバー上にモデルを置き、参加者（クライアント）がサーバーにアクセスすることでコラボ

レーション環境をつくっている。また議事録やコメントなどの記録もサーバーに保存され、掲示板のように時間をずらし複数人間が閲覧することが出来るものもある（図 17.）

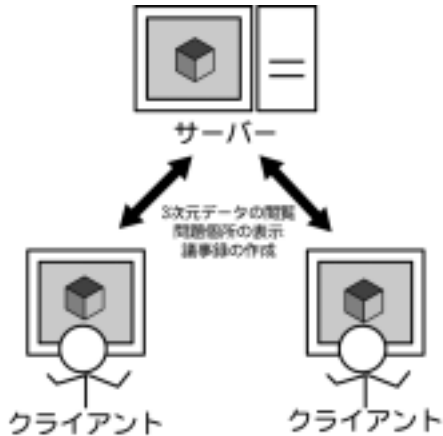


図 16 . コラボレーションソフトの形態例



図 17 . コラボレーションの PC 表示例

#### 4-4 . 問題点

設計時にコラボレーションソフトを使用する際、いくつかの問題がある。それはネットワーク環境の不備やセキュリティーの問題である。ネットワークを介する以上この問題は特に注意を払うべきである。

そして、それら以外にも問題は挙げられる。その中のひとつがファイル形式に何をを使うかということである。現在、CAD 間でのデータの交換やコラボレーションソフトでモデルを表示させる場合は、同一の CAD システムでない限りほとんどが中間ファイルといわれる汎用形式のファイルで行われる。この中間ファイルには「IGES 形式\*」や「VRML 形式\*」などいくつかの種類が挙げられるが、これらの多くは汎用性を持たせるために

CAD システムが持つ独自形式のファイルよりもファイルサイズが大きくなり（第 3 章 3-2 参照）、信頼性も低いことが多い。大きくなったファイルサイズはネットワークに負担をかけ、コラボレーションソフトの操作性や処理に多大な影響をもたらすことが考えられる。この問題を解決するためには軽量で精度や信頼性が高い汎用ファイル形式が必要である。ただ、あるコラボレーションソフトでは既存のファイル形式（この場合は VRML 形式）を独自のアルゴリズム（必要な部分のみをネットワークで転送する）を用いネットワークにかかる負担を減らしているものもある。

\* IGES 形式：CAD ベンダーごとにデータの解釈に違いがあり方言といわれるファイルの扱いの違いが生まれ、CAD 間の互換性が保たれていない。また汎用性を持たせるためにデータ容量も大きくなってしまふ。

\* VRML 形式：ネットワーク上で 3 次元形状を表示させるためのファイル形式であるが、形状をポリゴンで近似させているため制度に問題があり、工業用 CAD での使用には問題がある。

#### 4-5 . CCS コラボレーションソフト

ネット上でのコラボレーションを行う際、精度と軽量性、他ファイルとの互換性を実現させ、既存の 3 次元データからの自動変換やネットワーク環境への統合の容易性に注目して開発されたのが、第 3 章で紹介した XVL ファイル形式である。3 章で評価したように、データをネットワーク上でやり取りをするという視点から見れば、XVL 形式はかなり有効な手段である。

現在、XVL をデータ形式に採用したデザインレビュー型のコラボレーションソフト “Cyber Communication Service (CCS)” が大学の研究室と坂本技研に導入されたところである。XVL を使用しているためネットワークへの負荷は小さい。また、このレポートで記述した必要と思われる機能はほぼ満たしている。次バージョンでは 3D モデル以外に 2D の図面も同一画面上に表示できるようである。これによりさらに綿密な打ち合わせが行えるようになる。

ソフトが導入されたばかりということもあり、このシステムを十分に試してみることはできなかったが、これまで行った作業を以下に報告する。

## 【CCS ソフトの環境設定】

図 16. に示すように、CCS は外部のサーバーに利用者がクライアントとしてアクセスするという形態を採っている。まずこの環境を整える最初の手順として、サーバーである CCS の本部にアクセスし、アカウント（権利）を取得しなければならない。以下にアカウントを取得するための作業を簡単に示す。

### グループ名と代表者名の登録

このソフトでは、1つのプロジェクトに参加するメンバーのグループを“ルーム”という表現で扱う。

図 18 . ルームの登録

### ユーザ名の登録

ルームに参加するユーザ名を登録する。

図 19 . 新規ユーザ登録

図 20 . ルーム情報確認画面

### プロジェクト名登録

図 21 . プロジェクト名確認画面

## 【CCS ソフト上での図面表示】

図 .22 のようにファイルサイズが小さいものは特に問題なく利用できる。しかし今回の小型風力発電機における複数のパーツアセンブリのようにファイルサイズの大きいものを利用した場合、サーバーへのモデルのアップロード・ダウンロード・表示・操作性に支障があった。

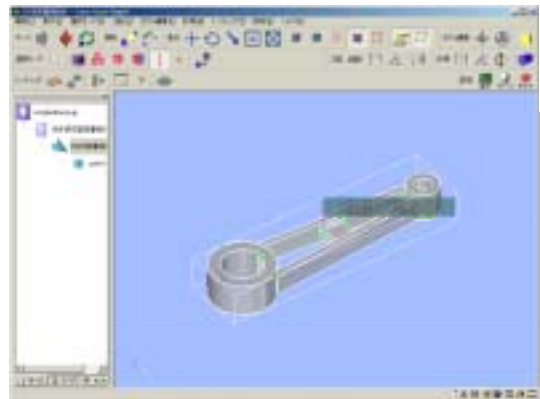


図 22 . CCS 利用画面

## 【現時点での CCS ソフトの評価】

まだ、いくつかの図面を CCS ソフト上で表示させたというところまでであるが、ここまで使用してみた感想は、一言で言うと扱い方が分かりにくい。マニュアルを読んでしっかり学べば何ら問題はないのだが、コラボレーションシステムを利用する上で、ある程度誰もが簡単に扱えるようになっていくことが最低条件である。そうでないとコラボレーションの輪を広げることが難しくなる。これだけの作業だけで全体の評価はできないが、できるだけ早い段階で、この CCS ソフトによる複数人でのコラボレーションを実施し、充実したインターネット分散設計を実現させたい。

## 5. 考察

以下に示す写真、及び図面は、第2章で紹介した写真6の街路灯に使用されている350mm発電機のものである。この発電機の開発に携わったのは今回450、250mmと同じ開発メンバーである。

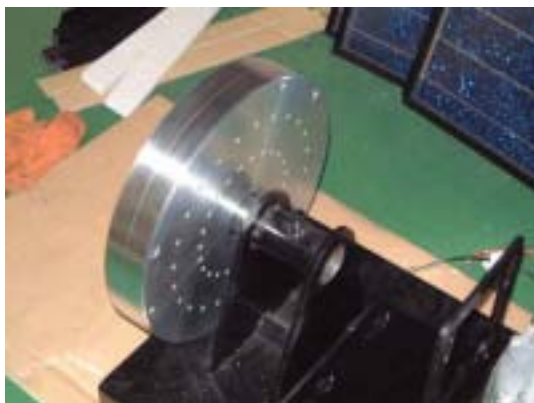


写真10. 350mm 発電機

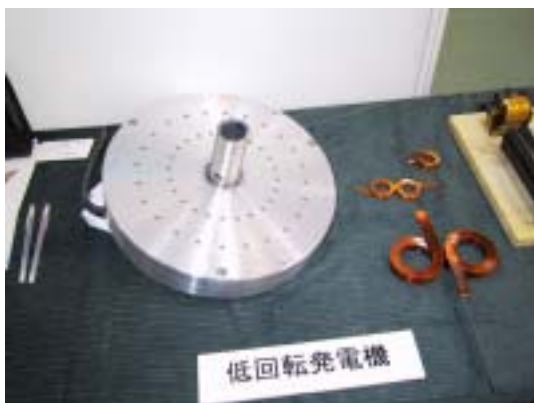


写真11. 350mm 発電機

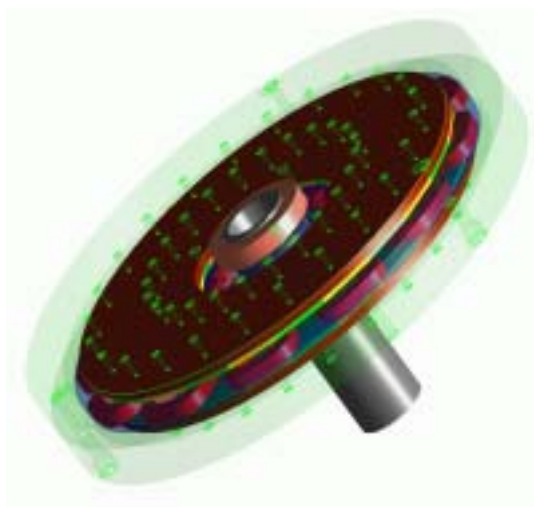


図23. 350mm 発電機の組み立て図

350mm 発電機的设计も 450、250mm 同様、“Solid Designer”で行っている。報告者が風力発電チームに加わった当初、“Solid Designer”と比較する目的で“Solid Edge”というCADソフトで350図面を元に、450図面を作成した。図24は“Solid Edge”で描いた450mm発電機の一部のパーツ図面である。

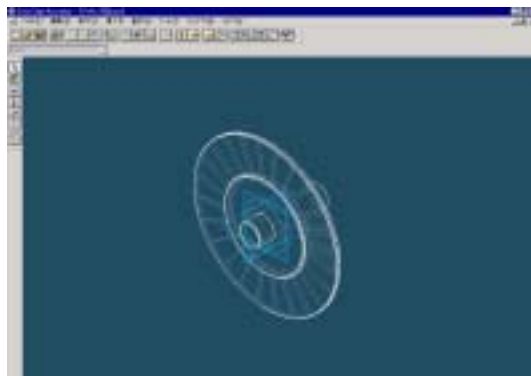


図24. 450mm コイルシャフトアセンブリ 3-D 図

報告者が使用した“Solid Edge”と“Solid Designer”両CADソフトでは、明らかに後者の方が機能的に優れている。しかし、CADソフトの比較をするには双方が最新のバージョンでない限りは正確な評価ができないという問題点がある。現に、“Solid Edge”に関しては、かなり以前のバージョンのものを使用した。大学4年間で“Solid Designer”、“Solid Edge”以外にも“PT\_Modeler”というCADソフトを経験したが、各ソフト共、年々さまざまな改良が加えられ、使用した当時から比べると全く比較ができないほどに内容が変わってきているのだ。

IT技術の導入はソフトにしてもハードにしても現況を正確に把握してなければ、あっという間に周りから取り残されてしまうという危険性が伴う。本論文において述べた大学の研究室と関連業者とのコラボレーションシステムが仮に充実できたとしても、そのシステムも日が経つにつれ変わっていくものである。仕様変更の度に各クライアントすべての設定変更を実行するのは容易にできる作業ではない。

今回はインターネットの通信に関して研究を行ってきたが、本研究室で目標とするインターネット分散設計には、もちろんインターネット通信が主な柱になるのだが、アナログ的な作業も今後見直していく必要があるようである。



## 6. 結言

IT 産業が発達した時代に、大企業におけるネットワーク網は充実し、データの交換はすべてネット上でおこなっているのだらうというのが、当初の私の考えであった。考えというべきか、それは当然のことだと思っていた。

大学在学中に、ある日本の大企業の方に図面等のデータの受け渡しはどのような方法で実施しているのかを、自分のこれまでに行ってきた手段との違いを知る意味で聞く機会があった。回答はこうであった。その大企業では、同じ建物内で LAN を利用してデータを転送することはあっても、セキュリティ等の問題で、遠距離間でのデータ交換は CD-R などに焼いて実際に相手の場所に行き、手渡しによって行っているという。そのデータが重要であればあるほど、アナログ的な手法で交換がなされている、それが現実だった。

今回、作成した図面をインターネットで相手側に送り、その図面についてメールや電話で意見交換を試みたが、なかなか思うように意思伝達ができず、結局、実際に会って今後の計画を練るというパターンがほとんどになってしまった。研究目的からすれば、この結果は成功とは言えないかもしれない。しかし、圧縮ソフトにおいても言えることだが、今回使用した、“Solid Designer” CAD ソフトや“CCS”コラボレーションソフトは世の中に出回っている中のほんの一部に過ぎないといことを常に頭の隅においておかなければならない。何かを達成させるためには、道具にしても、手段にしても選択肢は 1 つではない。インターネットもひとつの手段である。緒言で、電子メールと手書きの手紙について述べたが、時代の移り変わりによってそのもの自体は変わらなくても、利用方法やそのものなす意味は変化していく。あと何年か後には今回利用したコラボレーションソフト等のものは全く別の用途に利用されているかもしれない。最先端のインターネットがだめなら自分の足を使う、それはそれで最先端の技術なのだと言い訳しながら感じたことである。ネットを使うか自分の足を使うかはそのときの状況次第である。

“小型風力発電機の CAD 設計とインターネット通信”の研究を通して、実際に人と会って話し合うことの重要性を実感した。上のような大企業とは人と会うことの意味が異なるが、会って現時点での問題点を確認し、次の計画を企てるという点では同じである。会うたびにがんばろうという気持ちになれた。やりがいを感じた。情報化社会のなかでアナログ的に行動するのもまんざらではない。もちろんそれはデジタルの枠組みができてい

ら言えることであるが、アナログとデジタルがうまく共存できる世の中になることを願いながらこの論文を終わらせていただこうと思う。

### 謝辞

今回研究にご協力いただいた坂本技研の坂本社長、進木さんに心からお礼申し上げます。