

医療・福祉工学との連携による  
ヒューマン・テクノロジー・デザインの構築  
—豊かなQOLの向上を目指して—



九州共立大学 大学院教授、総合研究所長 藤井 邦夫

【OHP-1】

本日はいろいろなご講演を聞かせていただきましたが、工学の観点から切り込みをかけてみたいと思います。気楽な気持ちで聞いていただきたいと思います。

私の大学にあります総合研究所の中で、5年前から医大の先生方あるいは北九州医工学会ととも  
にHTD（ヒューマン・テクノロジー・デザイン）のプロジェクトを作り、検討しています。本日は、HTDの一部についてご報告致します。

【OHP-2】

本日のフォーラムのタイトルは「変革期の保健・医療・福祉を考える」ということですが、21世紀に入り大学教育も初等教育も大変です。工学も今は変革のターゲットをどうするかというところまで追いつめられております。その中で、私は工学教育の立場からこのタイトルを掲げました。私の専門は電気工学です。現在、HTDの中で市民権を持つ言葉は2つか3つしかありません。けれども、今後5年でHTDが日本のキーワードになるように、いろいろな形でトライをしていきたいと考えています。

5月か6月に京都で政府主催の会議がありました。産学連携サミットが国内の6カ所ぐらいあったものを政府がまとめて6月に出したのが「日本の将来」ということで、これがキーワードです。

夏休みの2ヶ月間、アジアとヨーロッパの国際会議に出席し、各大学を回りました。その中で痛烈に感じたのは、複合研究領域・境界研究領域の研究が活発であり、今日本で問われている研究領域であろうかと思えます。

【OHP-3】

これは、私の個人研究領域です。

1番目はいろいろな学会に入って研究報告あるいは論文を提出する研究です。これについては、特殊な専門領域ですので省きます。

OHP1

医療・福祉工学との連携によるヒューマン・テクノロジー・デザイン（HTD）の構築  
～豊かなQOLの向上を目指して～

九州共立大学 総合研究所  
藤井 邦夫

OHP2

技術立国・日本の動向

21世紀における産学官連携事業

キーワード：環境、エネルギー、ライフサイエンス、新材料、IT、ナノテクノロジー

21世紀の工学的研究領域

複合研究領域  
境界研究領域

例：電気電子工学と化学・生物・物理の境界研究分野

2番目の項目が現在の私にとって最も頭の痛い研究課題です。約20年前に2000年を想定して、エネルギー環境を含んだ研究をしないと、あるいは社会還元型の研究をしていないと、私自身が生き残れないであろうという予測でありました。そして、大きく電動移動媒体と自然エネルギーハイブリッドシステムといったことをトライしながら20年前からスタートしましたが、15年経って、少し疑問が出てまいりました。ただ物づくりをやって、そこからどのように教育に反映されるのであろうか、そういった疑問点が自ら出てきたわけです。

もっと違う考え方をしなければならないということで、3番目に書いております移動媒体の最適化。例えば電動車椅子の場合はどうしたらいいのかといったことで、5つの項目を挙げております。時間がありませんので、細かい説明は省略させていただきます。

#### 【OHP-4】

一番難しいのは、HTD（ヒューマン・テクノロジー・デザイン）です。これは、省エネルギーあるいは人間工学、福祉工学、高齢化といったものにも関係してくると思います。そして、私の専門は工学ですから、言葉ではなくて実際に物を作って示さなければなりません。その一つとして支援プログラムという形を示し、最後に、本日までのご報告ではHTDによる物づくりの一部をご紹介します。よろしくお願いいたします。

#### 【OHP-5】

20世紀が一方向性社会、21世紀が双方向性社会です。今まで我々はエネルギーを買うために一生懸命に50年走ってきました。けれども今は壁に当たってしまいました。つまり、ブランド商品の欠落です。人間と企業なり自然が単純に合体すると、HTDの概念が欠落してくる。HTDによる教育の物づくりも工学も全てブランド商品です。

私は、工学を40年近くやっておりますが、よくよく考えると工学全て、人間が豊かになるために一生懸命教えているわけです。けれどもいつの間にか単純な物づくりが中心になって、若い学生たちは金さえ払えば全て与えられるという、ヒューマン（人間）の欠落に陥ってしまっている。これを取り戻すには相当時間がかかるであろうという、今反省に立っております。

#### OHP3

個人研究情報

**1. 研究専門領域**：モータコントロール、省エネルギードライブシステム、モータ・ジェネレータ設計、インバータ・コンバータ制御回路設計、コンピュータ制御

**2. 複合・境界専門領域**：環境、エネルギーに関する社会還元型研究

- ・電動移動媒体・電気自動車、電動カート、電動ゴルフカート、電動自転車 等多数
- ・自然エネルギーハイブリッドシステム・風力、太陽光、小水力、燃料電池等とのハイブリッド化

**電動移動媒体の最適化（電動車椅子の場合）**

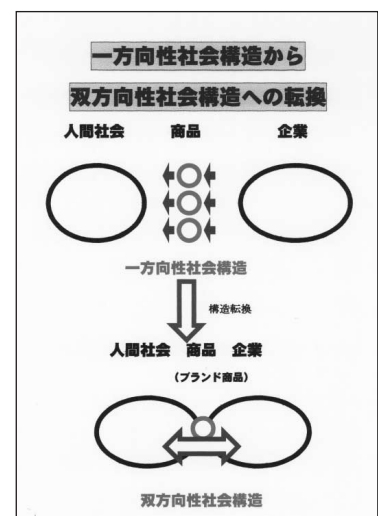
- ・利用者の最適性
- ・ヘルパーの最適性
- ・技術支援プログラムの最適設定
- ・省エネルギー・環境の最適設計
- ・低コスト化、公共性、安全性、信頼性 等

#### OHP4

**研究報告の概要**

1. まえがき
2. 研究テーマに関する事項
3. ヒューマン・テクノロジー・デザイン（HTD）に関する概説
4. ヒューマン・テクノロジー・デザイン（HTD）と省エネルギー対策
5. 例：車椅子の電動化技術（商品化研究）
6. 支援技術プログラム
7. むすび

#### OHP5



【OHP-6】

エネルギー一つとりましても、電化商品を設置するとエネルギーを相当消費しますが、最適設計とHTDによる省エネルギーの分野は忘れがちです。これもヒューマン・テクノロジーの一つです。

【OHP-7】

例えばHTDを社会科学的に捉えると、人間と工学の技術となります。例えば、ヒューマンを考えますとアシストを考えなければならぬ。サポートもケアも考えなければなりません。そうすると、工学の新しい技術の開発というものがそこに眠っているわけです。

【OHP-8】

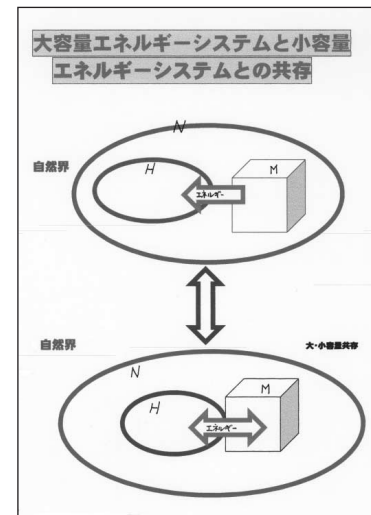
ヒューマン・テクノロジーとは、人間と技術との融合をオプティマルデザインする工学であると定義します。専門工学との関連では、OHPに記載した工学が直接関係してまいります。

けれども自分の専門領域を守るのに精一杯ですから、よそに目を向ける時間的余裕はありません。産学連携も然りです。

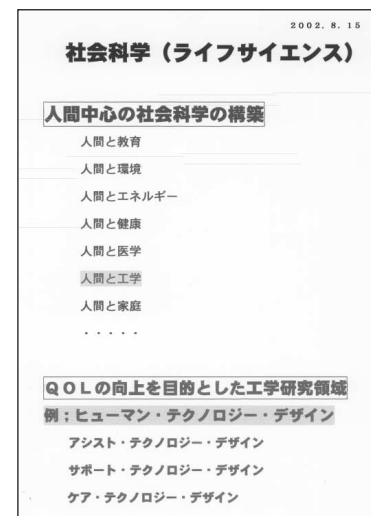
【OHP-9】

研究課題として14番まで書いてありますが、大変な仕事が残っております。

OHP6



OHP7



OHP8

**Human Technology Design (HTD)**  
HTD は、Human (人間) と Technology (技術) との Fusion (融合) を Design (設計) する工学である。

**HTD と専門工学との関係領域**

- 位置決め制御工学
- ロボット工学
- 省エネルギー工学
- 電動機制御工学
- 計測・制御工学
- 環境工学
- エネルギー発生工学
- コンピュータ制御とソフト
- その他の工学との連携

**その他の専門領域との融合**

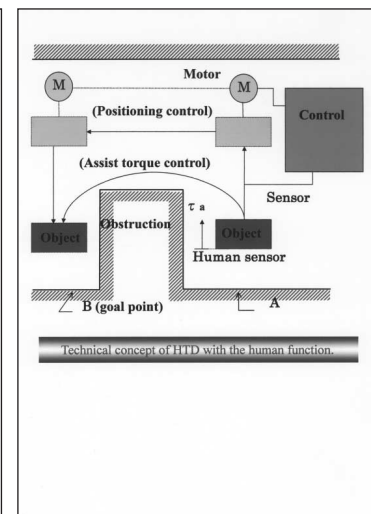
OHP9

**Human Technology Design**

**HTD が目指す研究課題**

1. 双方向性技術
2. 医療と工学との連携
3. 福祉工学との連携
4. 環境と人間との共存
5. 人間介在型制御システム
6. バリアフリー工学
7. 波及教育効果
8. 地域産業との連携
9. ブランド商品開発
10. 省エネルギー対策
11. 便利から豊かさへの転換
12. 高齢化社会への提供
13. アシスト・ケア・テクノロジー
14. QOLの向上技術

OHP10



【OHP-10】

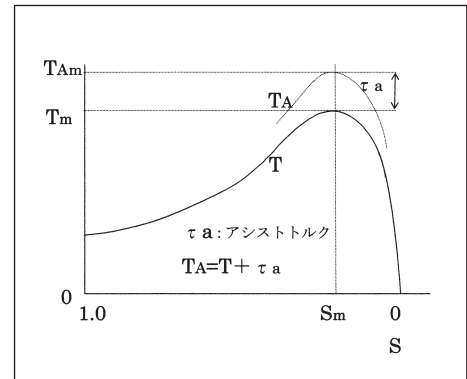
漫画的で申し訳ないのですが、例えば20世紀のやり方は、AからBに物を移動する際に、人間はポケットに手をつっこんで何もせず、センサーを持った一種のロボットが吊り上げて移動させればよい。ところが移動するものが人間になったら話は別です。吊り上げることなどできないわけです。

ですから、ここに $\tau a$ というわずかなトルクがあり、これが人間の持っている様々な五感を含めた手の動きを模倣する。そういったものを使えば自由自在に目的地にまで持ってこられる。ここがミソです。従来のコントロールシステムの中に人間のセンサーを入れ込むということです。

【OHP-11】

これは専門書に出ているトルクカーブです。例えばモーター領域で使っているトルクは $T_m$ 以下の領域だけです。私は $T_{Am}$ というトルクの変動を見るわけです。これをうまくやれば、人間が希望する動作に近づいてこられるという考え方です。

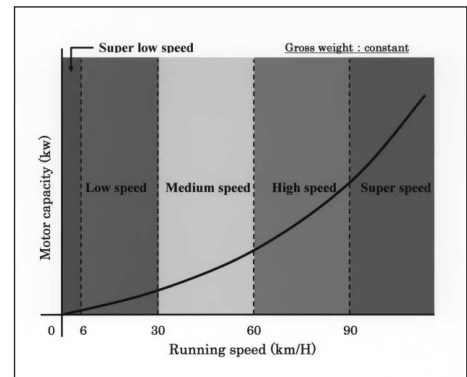
OHP11



【OHP-12】

自動車を考えていただきたい。自動車はゼロから百数十キロまでのスピードが出ます。2000ccの車はだいたい2万から3万ワット使います。ところが人間の生活はこの図のSuper low speedの領域です。ここを限りなく0に近づけたらマイクロマシンになってくるわけです。そして、問題はSuper low speedとHTD speedの領域はどう違うのかということです。これは全部理論的に計算できます。

OHP12



【OHP-13】

例えば、人間の心臓を動かしているパワーを電力に換算しますと1~2ワット程度。マイクロマシン実用化の容量は0.5ワット以上。しかしこれは無理でしょう。血流で流されてしまいますから。人間が発生できるパワーは20~30ワットしかないわけです。スポーツ選手でも瞬時が100~200ワット。そうすると、理論計算では、60キロの人間を移動するのに、例えば6キロの速さでしたら、80ワットでいいわけです。1800ccでは2万ワット以上いるわけです。省エネとか環境というのは、全部こここのところに出てきます。そうしますと、今話題になっている燃

OHP13

Human Technology Design and Electric Power	
・心臓のパワー（電力に換算）	1~2 (W) 程度
・マイクロマシン実用化の容量	0.5 (W) 以上が必要
・人力発生パワー（電力に換算）	20~30 (W)
	平均（一分定格）、瞬時パワー：100~200(W)
・60Kgの輸送パワー（電動機容量に換算）	80 (W)
	(6 Km/H) で可能
・1800Ccの自動車（電動機容量に換算）	20,000 (W)
・太陽光発電	
・風力発電	
・燃料電池	



料電池など、どのようにハイブリット化するかという課題に入っています。

【OHP-14】

これは人間と機械をどのように考えたらいいかという一つの比較の物差しです。

【OHP-15】

これはパワーを決めるための基本的な理論計算式です。

【OHP-16、17】

一つだけ説明いたしますと、60kgの人間であれば70Wくらいがいい。車椅子であれば80数kgですから、120ワットあればいい。外を走っている大型の据え付けの車椅子であれば200Wあればよろしい。

【OHP-18】

そして、そのために物を作るわけです。これは以前に新聞でも騒がれたものですが、こうしたモーターを4年前に作りました。世界最小容量のモデルだったのですが、今はどこかの国が追い越していると思います。物作り一つをするのも、自分たちで開発しなければなりません。

OHP14

**小容量小型（携帯型）電動駆動ユニットと人間との関係**

駆動ユニットの構成=車体  
 +モータ  
 +コントローラ  
 +電源（バッテリー）  
 +センサ

人間とテクノロジーの融合

車体 → 手、足  
 モータ → 人体から発生する力  
 コントローラ → 脳神経伝達機能  
 電源（バッテリー） → 体力（心臓）  
 センサ → 五感（聴覚、味覚、視覚、臭覚、触覚）

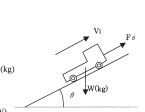
テクノロジーによる支援機器

OHP15

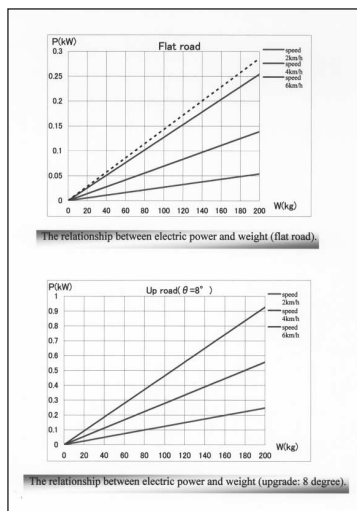
**電動機容量の基本設計**

- 走行パワー :  $P_s = \frac{F_s \cdot V_s}{6120 \cdot \eta}$  (kW)
- けん引力 :  $F_s = W \mu \cos \theta + W \sin \theta$  (kg)
- 加速パワー :  $P_a = \frac{GD^2 \cdot N_1^2}{365 \cdot 10^3 \cdot t_a}$  (kW)  
 $GD^2 = W \left( \frac{D_p}{1000} \right)^2$  (kgf·m<sup>2</sup>)  
 $N_1 = \frac{V_s}{\pi \cdot D_p}$  (rpm)
- モータ回転数 :  $n = N_1 \cdot k$  (rpm)
- ◎ 電動機容量 :  $P = P_s + P_a$  (kW)

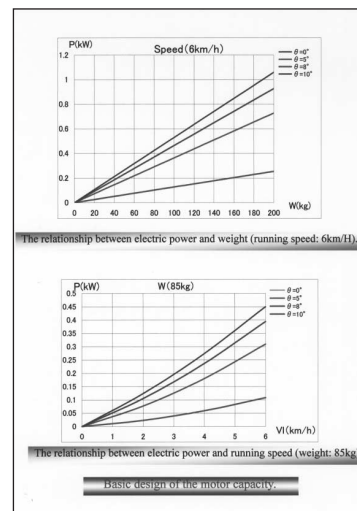
W : 総重量 (kg)  
 Dp : タイヤ外径 (mm)  
 μ : 走行抵抗係数  
 Vs : 走行速度 (m/M)  
 k : ギア減速比  
 η : 機械効率  
 ta : 加速時間 (sec)



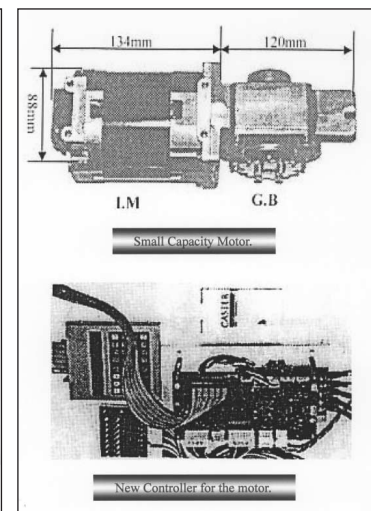
OHP16



OHP17



OHP18



**【OHP-19】**

システム制御系です。

**【OHP-20】**

車椅子を例にとります。だいたい50項目からのニーズがあり、それを全部まとめるとこのようになりました。そして更にこれをまとめて、商品化なり物作りをしなければなりません。

**【OHP-21】**

まとめたものがだいたい9項目になります。

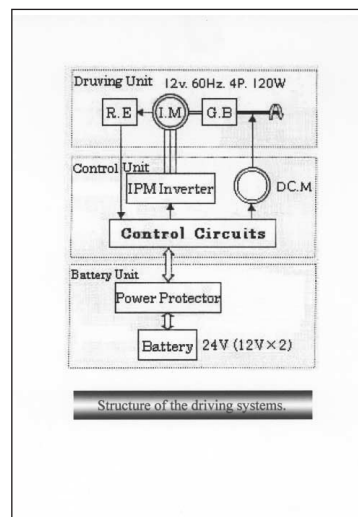
**【OHP-22】**

先ほどの設計理論で、モーターやコントローラ、コンピューター制御システムを作り、完成したものが、AとBです。これは世界で初めて作ったインダクション・モータシステムです。モータもそれなりのものを作り上げています。これはよく街で走っています。誰でも、家庭にも、飛行機にも乗せられる、交通機関にも対応できるものです。

**【OHP-23】**

そしてなおかつ、50項目のニーズを分解してみますと、テクノロジー・アシスタンス・プログラムというものがない1~7まであればよろしいという結論に達します。

OHP19



OHP20

開発例

### 車椅子の電動化技術

**研究項目**

1. 本来の車椅子の機能
2. 小型・携帯・軽量型駆動ユニットの開発
3. 小型電動機の開発
4. 小型コントローラの開発
5. 駆動方式とソフトの開発
6. 装着・脱着方式の開発
7. 支援プログラムの対応技術の確立  
利用者、介護者等を配慮したプログラム
8. 低価格化の実現
9. 交通機関への対応
10. 環境性への配慮と技術
11. 安全性と信頼性の確保
12. 自立機能型
13. 回復訓練機能

OHP21

**Human Technology Design (H.T.D)**

### 電動車椅子との関係

1. 操作ハンドル
2. ヘルパーによる操作（手動、自動）および本人による選択操作機能
3. 装着、脱着方式による簡易化
4. ニーズ対応型
5. 軽量・小型・携帯型
6. 技術支援プログラム
7. 行動範囲の拡張
8. 低速化に伴うコストダウン
9. 公的交通機関に対応

OHP22

**Design specification**

The drive of the induction motor is shown at the table.

A. electric wheelchair B. drive unit of the wheelchair

Table 1. The design specification of developed electric wheelchair.

	A. electric wheelchair	B. drive unit of the wheelchair
best running speed (km/h)	6	6
battery	voltage (V)	DC 24V (DC 12V×2)
	capacity (Ah)	27
output (W)	300W (with the brake)	120W (with the brake)
	voltage(V),current(A)	AC 12V, 25.5A AC 12V, 11.5A
The three-phase induction motor	pole number	4
	rated revolutions per minute(rpm)	1600
deceleration rate		15
	tire outer diameter (mm)	250
body weight of the user (kg) W <sub>s</sub>		60
	vehicle weight (kg) W <sub>v</sub>	60
gross weight (kg) W	120	120 (wheelchair + user)

W=W<sub>s</sub>+W<sub>v</sub> θ=0~10°  
W<sub>s</sub>: body weight (60kg) L=2~4 (sec)  
W<sub>v</sub>: vehicle weight

A: The electric wheelchair of the system for unloading. B: The electric wheelchair of the mounting system.

Fig.16. The electric wheelchair.

OHP23

**3-1. Technical assistance programs with the development**

Users of the wheelchair are handicapped or old people. Therefore, the need survey from the user is carried out, and the development of the drive unit in proportional to a demand is required. The demand item over 90% is a demand on the operation method. Since to answer at all demand items are impossible, by establishing next technical assistance program with a much demand, we manufactured the drive unit.

# Technical Assistance Program 1: It can be utilized as a usual wheelchair.

# Technical Assistance Program 2: Operation function for the nursing person is improved.

# Technical Assistance Program 3: Operation function for the user is improved. The handle for the operation is installed as support equipment of program 3.

# Technical Assistance Program 4: Handle is not used, and the operable function is installed by finger or jaw of the limb.

# Technical Assistance Program 5: Freestanding drive unit, that does not require the support of the nursing person, is developed.

# Technical Assistance Program 6: The level anchor considering inclination situation of the road surface is developed.

# Technical Assistance Program 7: Driving unit is developed for other special demand.

【OHP-24】

そのプログラムに従って、1、2、3、4のプログラムで動かす。これで、指とか顎でできる、そしてナースのアシストもできる、本人のアシストも全部いける、安全性も確保できるということです。

【OHP-25】

OHPの上部の図は工学的なものですので、説明は割愛します。

下部の写真は、もうすでに飛行機に積まれており、車椅子だけ借りればよいものです。

【OHP-26】

世界の全ての車椅子に、だいたい2分程度でセッティングできるシステムです。

【OHP-27】

これは、各部の外観図です。

【OHP-28】

ヒューマン・テクノロジー・デザイン (HTD) というものを詳しく説明する余裕が無くて、全体的に流してしまいましたが、環境あるいは高齢化社会に対し、工学からのアプローチもこれから重要になってくると思います。

複合領域・境界領域において、お医者さんや医学関係の人と一緒に新しい技術概念 (ニューコンセプト) が創れば良いと考えております。以上です。

OHP24

3.2 The Electrification of the Wheelchair  
The condition that drive unit was fixed to the wheelchair is shown in the following.

- ◎ Usual wheelchair. (Program 1)
- ◎ Helper carries out running speed or directional control. (Program 2)
- ◎ User carries out the operation by the support handle. (Program 3)
- ◎ Control is carried out only in the lever on the control panel. (Program 4)

In program 4, the control by the transfer of the jaw is also possible.

Fig. 6. Technical assistance program : 1.      Fig. 7. Technical assistance program : 2.  
Fig. 8. Technical assistance program : 3.      Fig. 9. Technical assistance program : 4.

OHP25

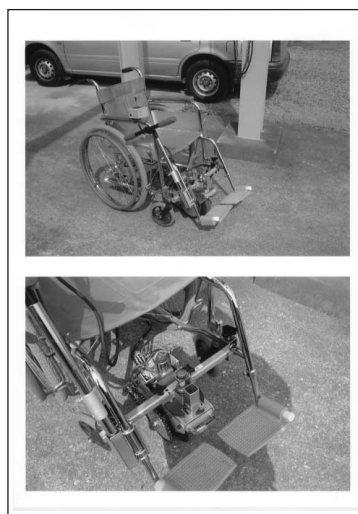
Fig. 10. Regeneration current in the downgrade.

Fig. 11. Regeneration current in the deceleration.

Fig. 12. Running result in the flat road surface.

Fig. 13. Carrier back for the transportation.

OHP26



OHP27



OHP28

**むすび**

- HTDによる支援機器の歴史は古い。
- 省エネルギー、環境あるいは高齢化社会に対する対策は重要な課題である。
- 高齢化社会や福祉社会における QOL の向上を目的とした工学からの発信は新しい。
- 20世紀の一方性社会から21世紀の双方向性社会の転換が求められている。

**今後の研究方針**

HTDの研究は、複合領域あるいは境界領域の分野とも関係する。従って、本研究の方針は多分野の英知を集約し産学官民四者連携による社会還元型の新しい技術概念の構築を目的として実施したい。