

未来開拓に向けた挑戦

サイバニクス革命：

重介護ゼロ社会を実現する革新的サイバニクスシステム

Social Innovation: Society 5.0/5.1

「重介護ゼロ社会」実現への挑戦



山海 嘉之

内閣府 ImPACTプログラム PM (重介護ゼロ社会の実現)  
筑波大学システム情報系教授・サイバニクス研究センター 研究統括  
CYBERDYNE株式会社 代表取締役社長

ImPACT の目的

- 現在、我が国は、激しい国際競争にさらされ、また、**深刻な社会経済的課題に直面**している。**これらを克服するため**、我が国の将来の**産業や社会のあり方に大きな変革**をもたらすことが重要であり、**チャレンジ、オープン、イノベーション**といった姿勢・取組を促す行動が求められている。「革新的研究開発推進プログラム」(以下「ImPACT」という。)は、その具体的な行動の一つであり、研究開発現場のマインドセットの変換、内向き志向からチャレンジ精神への大転換、自前主義からオープンイノベーションへの転換を目的とした**「実現すれば社会に変革をもたらす非連続的なイノベーションを生み出す新たな仕組み」**である。
- ImPACTの究極的な目的は、**「イノベーションに最も適した国」「起業、創業の精神に満ちあふれた国」の実現**である。勿論これはImPACTのみで達成できるものでないことから、**ImPACTで生み出す成功事例を、我が国の各界が今後イノベーションに取り組み際の行動モデルとして示すことも目指す。**

【革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) / プログラム・マネージャー / 公益事業より抜粋】

サイバニクスによる Society5.0/5.1 実現に向けた挑戦！  
『人』+『サイバー・フィジカル空間』=>『サイバニクス空間』

【サイバニクス：人・ロボット・情報系の融合複合新領域】

Cybernic = Cybernetics + Mechatronics + Informatics を中心として、  
脳・神経科学、行動科学、ロボット工学、IT技術、システム統合技術、  
生理学、心理学、感性、法律、倫理・哲学、経営などを融合複合した新領域

→ 法律、倫理、経営等とも連携

→ 技術の融合だけではなく、ビジネスプラン/モデル、ミッション、  
社会の流れ、未来ビジョンとも融合した考え方が大切。

世界から、日本がいてくれて良かったと思われるような産業変革・社会変革を推進

→ サイバニクス産業領域の様々な技術の国際標準化も推進

＊新たな進化の道  
＊多様な人々と共に生きる

確実にやってくる少子超高齢社会における  
医療・介護・重介護問題への対応に向けた挑戦！

脳  
テクノロジー  
仲間

Society 1.0  
Society 2.0  
Society 3.0  
Society 4.0  
Society 5.0/5.1

フィジカル空間 (物理空間)      サイバー空間      サイバニクス空間

『人』+『サイバー・フィジカル空間』を融合する『サイバニクス』  
人とテクノロジーの共生：Techno Peer-Support





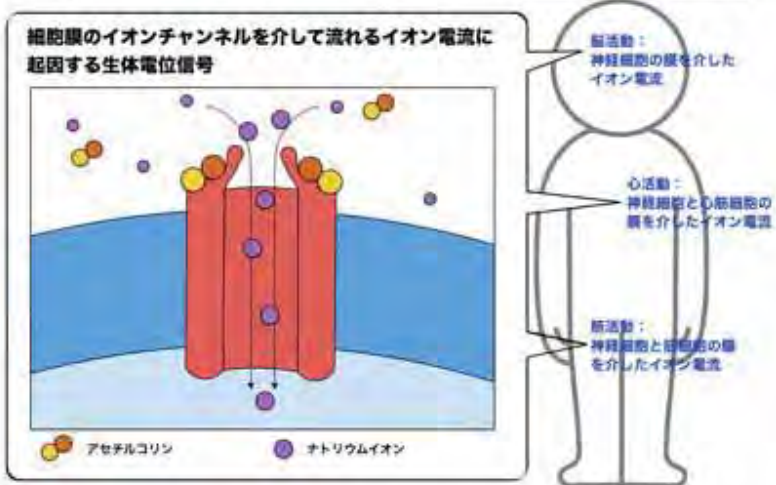


『人』+『サイバー・フィジカル空間』の融合 => 新産業『サイバニクス産業』の創出



脳神経系疾患、難病患者などを対象に、  
 → 機能改善・機能再生や早期発見・予防に向けたサイバニクス技術  
 ・少子超高齢社会：フレイル対策への取り組み

生体電位



サイバニクス インタフェースの基礎技術例：接触/非接触で脳神経・筋系の情報を取得する

ニューロマシンインタフェース/ニューロインターフェース



高度化が進むサイバニクスインタフェースの例

(その他、小型半導体モジュールの研究開発も)



国際標準化機構ISOのエキスパートメンバーとして  
医療・福祉・生活分野のロボットの国際規格策定を主導  
Medical Robot, Personal Care Robot, Life Support Robot

ISO(国際標準化機構)の中にMedical Robot  
(HAL, 手術ロボ、サイバーナイフ(放射線ロボ等)の委員会が設置  
この委員会は医療に加え、福祉・生活分野を統括

私たちは  
ISOのMedical Robotのエキスパートメンバーとしても活動してきた  
(ISO13485, ISO13482関連)

世界規格を策定するルールメーカーとして  
世界のデファクトに向けた歩みを推進

Enter the first  
cyborg-type  
robot

当該案件の役割は終わったので、今後は国際規格の次はデータの国際Harmonizationに注力！  
そして、データ統合・解析・AI処理・早期発見・予防へ！

ImPACT期間後も継続

医療ロボットの  
国際規格が日本でも  
2019年に発行

参考：ISO等の国際標準化への取り組みへの貢献

機能回復ロボットの安全性に関する国際標準が発行されました

## 医療ロボット：機能回復ロボット

2019年7月23日

<https://www.met.go.jp/press/2019/07/20190723001/20190723001.html>

▶ 全文を見る

機能回復を行うためのロボットは世界各国で開発され、利用されています。しかしながら、患者と一緒に運動するロボット機器という特性があること、また、患者の身体に安全事項の懸念があることから、世界初の国際標準委員会が設置されています。今回、これを機に、日本の企業により、機能回復ロボットの安全性に関する国際標準が発行されました。これにより、日本の企業は国際標準の導入促進が期待されます。

### 1. 背景

### 医療用HALのみが医療保険適用

運動機能等の機能回復を支援したロボット(医療用HAL)は、世界各国で開発されており、そのうちのいくつかは既に承認され、実用化されています。機能回復ロボットには、

- 患者の運動機能の低下に起因した運動機能回復を行うもの
- 患者の運動機能を支援的、又は、定性的に評価するもの
- 患者の運動機能を補助することで、低下した運動機能を回復するもの
- 患者の運動機能の低下によって生じる二次的な症状を緩和するもの

があり、機能回復ロボットを利用する目的として、

- 理学療法士及び作業療法士の教育訓練、又は、研修に活用できる教育用の装置
- 機能回復ロボットを利用することによって初めてもたらされる治療効果
- 定量的に治療効果による科学的知見ある治療計画の策定と評価
- 機能回復ロボットにしかできないような運動機能の補助及び補償、又は、それによる症状の緩和



薬も困難とされる進行性の神経・筋難病疾患に対する治療終了！(治療医：新潟病院 中島先生)

2016年9月より医療保険適用開始 (臨床現場からの使用成績の結果を累積・分析中)

(SMA, Charcot-Marie-Tooth Disease (CMT), ALS, Muscular Dystrophy (myotonic), Distal Myopathy (Miyoshi type))

治療可能となった  
脊髄性筋萎縮症(SMA) **スピリナザ** 筋注12mg

932万円/1回、2-3回/年

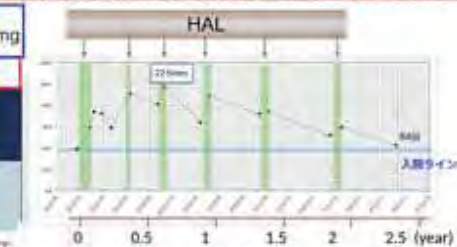
6分間歩行試験(6MWT)

歩行可能なⅢ型SMA患者における  
歩行機能及び持久力を評価<sup>1)</sup>

対象・方法：歩行可能なⅢ型SMA患者38例を対象に、6MWT  
の変化を12ヵ月間検討した<sup>1)</sup>。

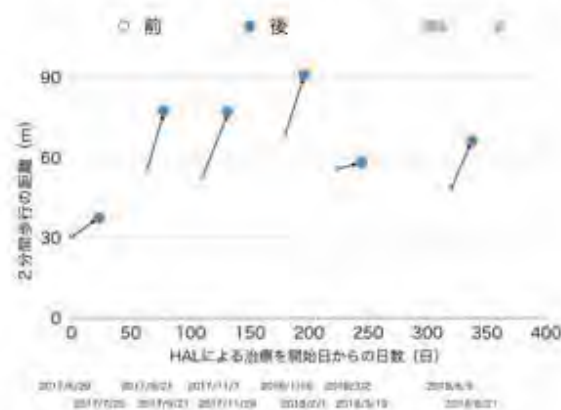
患者ごとに様々な経過をたどるものの、  
平均歩行距離は12ヵ月間で1.5m減少した<sup>1)</sup>

高価な薬剤が治療実施期間中に日本に上陸。  
6分間で何メートル歩けるかの評価では、  
1年後に1.5mの歩行低下に陥えられたという実績も。



当該研究成果は、8つの希少性進行性の筋難病疾患  
に対して、医学的効果効能が示され保険適用。  
同様の歩行評価で、1年以上経過しても良好な結果も。

希少性進行性神経・筋難病に対する使用成績調査の例







そしてこれをベースに新たな再生医療を考案する時代に我々はいりました。実際、私は難病にPO (プログラムオフィサー) として関わってきましたが、国立病院機構新潟病院で中島孝先生が治療をして3年でロボットスーツHAL<sup>®</sup>は承認されました。この治療方法・開発によって我々は神経機能がどのように体の中で再構築され、制御されているのかを初めて知ることができたのです。驚くべきことにこのロボットスーツHALを使って筋ジストロフィーの患者さんに機能回復訓練すると、通常私どもの知識だと「筋ジストロフィーの患者さんにリハビリをしたらCPKが上がってバツ」と思うのですが、全然逆でした。結果はCPKが下がってきたのです。これは新たな知見です。市販後の調査で分かってきた。数十例で分かったことです。

ImPACT期間後も継続 海外における医療用 HALによるサイバニクス治療の展開：  
世界連携組織の構築に向けて



USA : Brooks Cybernetics Treatment Center (サイバニクス治療センター)

CASE :ギランバレー症候群  
Diagnosed in Apr 2018



BrooksはMayo Clinic (Mayo医科大学を保有) と連携しており、  
脊髄損傷+再生医療、脳卒中での治療・連携について協議中。  
「全米の優れた病院」2018-2019年版では、メイヨー・クリニックは1位にランク。

完全脊損患者への取り組み：  
神経系の一瞬の発火と神経経路系の機能改善・機能再生フィードバックループ

完全脊損患者、現在14歳、男子。  
2歳のとき自動車事故。  
それ以降、10年以上、下肢は全く動かず車椅子生活。  
ご家族を交えて数時間、スタッフが対応。。  
しかし、全く信号も出ず、動かず。。

3時間後！！  
HALを装着した状態で  
自分の意思で膝の曲げ伸ばし！  
「フーッ！」という感動の叫び！





神経系の発火の促進と経路系のフィードバックループの促進、  
体幹（上半身）の機能向上に向けた取り組み



体幹（上半身）の機能向上に向けた取り組み：  
神経系の発火の促進と経路系の機能改善・機能再生ループの促進に挑戦

完全脊損患者、現在14歳、男子。  
2歳のとき自動車事故。  
それ以降、10年以上、下肢は全く動かさず車椅子生活

腰部まわりの生体電位信号

初期段階



ガラガラ状態

体幹を維持できない状態

小型HAL腰タイプの使用を開始



同日での取り組み！

信号らしきものが見え始め、劇的な変化

腰部まわりの生体電位信号

HAL腰タイプ使用後



完全脊損患者：小型の2SサイズHALを装着  
神経系のちょっとした発火と経路系のフィードバックループ

めっちゃきてる！

骨盤の動きが  
すごくいいじゃない！

おお！すごい！すごい！  
股関節 あがった!?  
なんで？

少年の動作意思  
に従って、HAL  
が反応し始めて  
いる。



ご本人とご家族の  
ご意向があり、  
表情を出して  
おります。

完全脊損の少年の脚がHALをはずしても動き始めた！

ご本人とご家族のご意向があり、  
表情を出しております。

おー！

おー！

おー！

周囲のメンバーの驚きの声！

すごい！

おー！！  
めっちゃあがってる！

母親の歓喜に満ちた叫び声！



なんでだろねー？！

何と！ 排泄感が生じ始め、  
自ら排泄コントロールが  
できるようになった！

小型化に成功し、小児モデルが誕生！  
小児への今後の展開に世界が注目！

**現在の Medical Model**

2016年9月 保険適用承認！  
2017年1月より保険適用開始！

Target height:  
S,M,L 150 cm — 190 cm

**2Sサイズ、小型化に成功！**

Target height:  
2S 100 cm — 150 cm

AMEDについて 事業紹介 公募情報 事業の成果 ニュース

IMPACT期間後も継続

公募情報 令和元年度「医療機器開発推進研究事業」の採択課題について

**採択内容**

4. 小児用医療機器の実用化を目指す医師主導治験・臨床研究等

研究開発課題名	代表機関	研究開発者名
神経計測装置及び神経計測装置制御ソフトウェア (OPIT) による四肢スプリント装置 (ASD) の治療に資する手術器具の開発	国立大学法人 岡山大学	上野 雅也
脳性麻痺等の発達障害児に対する運動機能向上を目指す小児用下肢装着型治療ロボットの開発と検証的臨床試験	国立大学法人 徳島大学	伊藤 孝

**HAL医療用下肢タイプ (S,M,L,L)**

**HAL医療用下肢タイプ (2Sサイズ) プロトタイプ**

身長100cmから使用可能な下肢長・足長患者に適用可能  
しかし、小児用医療機器の適用なし

**小児用下肢装着型治療ロボット (治療機)**

小児に適用可能なHAL医療用小児用下肢タイプの治験機を開発

↓

検証的医師主導治験を実施

**HAL for Nursing care support**

**HAL for Labor support**

Carbon fiber

World First ISO13482 Certificate

ISO13482 Certificate

介護支援用新モデル：入浴介助等に様々な作業に対応・・・防水機能も

起き上がり介助

移乗介助

入浴介助

移乗介助 (入浴時)

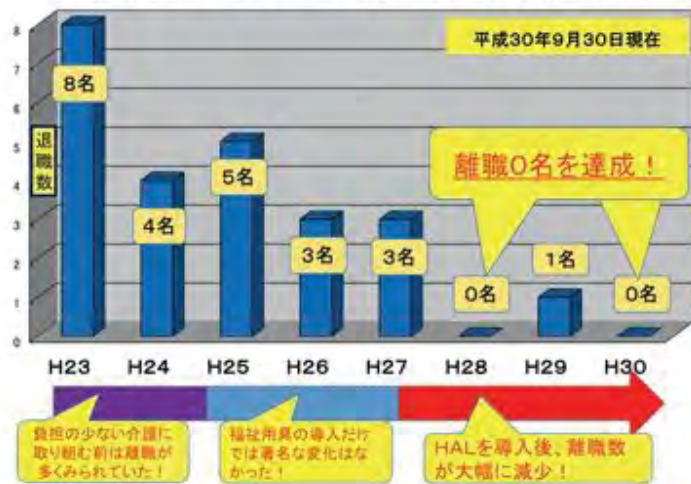
横たった体位姿勢での介助

CYBERDYNE株式会社

大泉特別養護老人ホーム



### 結果① ラポール吉井 介護職の離職数



### 世界最先端技術

HAL®により

介護する方にも  
介護される方にも



### 身体状態を把握しながらAI処理

86歳 男性 腫瘍摘出手術後に廃用：1ヶ月間のHAL腰タイプ適用

・・・ベッドから立ち上がれなくなった



Using the HAL waist type, you can rise up, sit down and squat.

介護される側（要介護者）の残存機能を高めるための  
自立支援用腰部装着型デバイス（HAL腰タイプ）（将来、衣服型へ!）

86歳 男性 腫瘍摘出手術後に廃用：  
30-40分/回、週3-4回、1ヶ月間のHAL腰タイプ適用

TUG (Timed Up & Go test)

24.4秒 → 11秒

身体機能が劇的に向上!



適用前

適用後



## 自立支援用HALの活用事例（介護施設）

・84歳の女性、常に歩行器でゆっくり歩ける程度（いわゆる寝たがり予備軍）  
→ 10m歩行時間の変化： 初回～実施8回目 → 歩行器なしでスタスタ！

HAL 実施前  
27.34秒



HAL 8回 実施後  
9.82秒

驚異的な改善！



HAL 7回 実施後  
(歩行器なしで計測可能に！)



協力：医療法人社団みなみつくば会

## 介護報酬改定で自立支援のインセンティブ強化 政府方針が発表 通所介護などを対象

(2021.10.23)

＝ 厚生労働省発表

介護報酬改定で自立支援のインセンティブ強化  
政府方針 通所介護など対象

2018年10月23日



内閣府の担当者は、

「要介護度が軽くなると収入が減る構造はやはり良くない、という認識がある」と説明。

「インセンティブ措置を強化する方向性は早ければ年内にも明確に決定する。必ずしもデイサービスだけに対象を限定する話ではない」と話した。

2021年度の改定に向けた議論に大きな影響を与えそうだ。

## 世界初！排泄支援のためのトイレドッキング型ロボット (超高剛性薄型中抜き構造で便座とのドッキングを実現するロボット)



トイレドッキング型ロボットは、ロボット自身で環境地図をつくり、排泄支援のために90メートル先のトイレに向かって廊下を自動で走行！  
超高剛性薄型中抜き構造！ タイヤがロボット化?! トイレに自動でドッキング！

## 生体電位計測用サイバニックインタフェース： 脳活動、心活動、筋活動を超高感度で捉え、ビッグデータの集積・AI解析

展開事例：

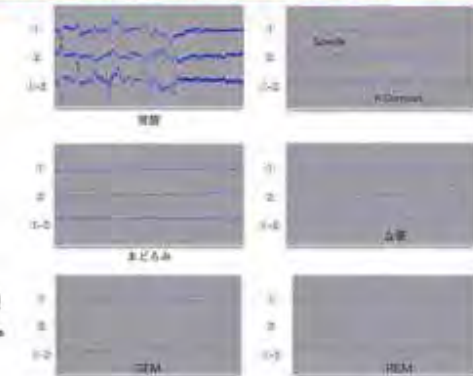
てんかん、  
睡眠障害、  
心臓発作、  
心機能障害  
などを日常的にチェック

覚醒、まどろみ、入眠、軽睡眠～深睡眠、レム睡眠等の評価のため、  
α波、θ波、Spindle、K複合波、δ波等を測定

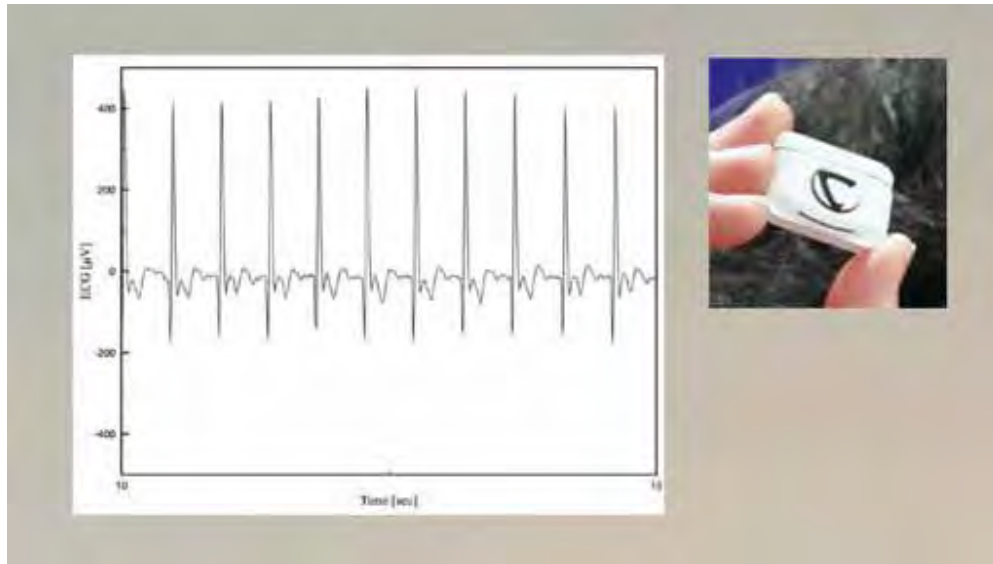
どこにでも取り付け可能！  
複数同時計測！  
このサイズで、連続で3日間！  
生体電位信号を計測し続ける！  
連続表示機能！  
クラウドにアップロード！



睡眠を阻害しないように配慮！  
(柔らかい布のようなシステム。  
ソフトタッチで  
睡眠中の計測も実現！)

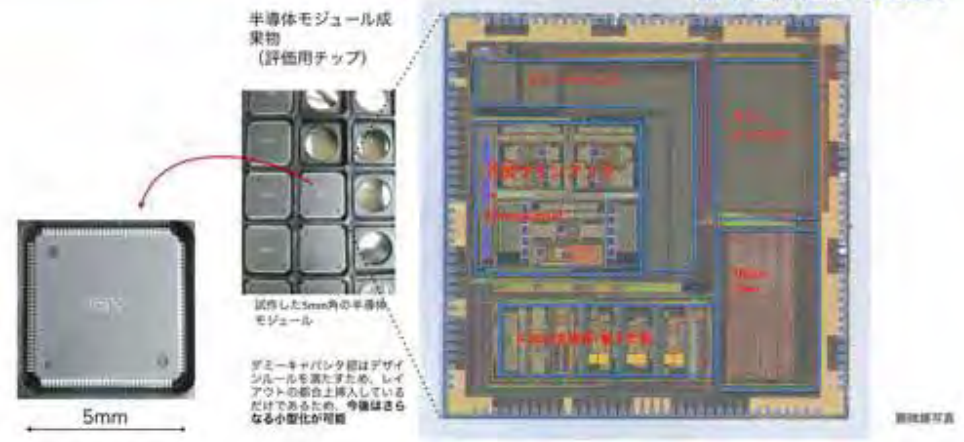




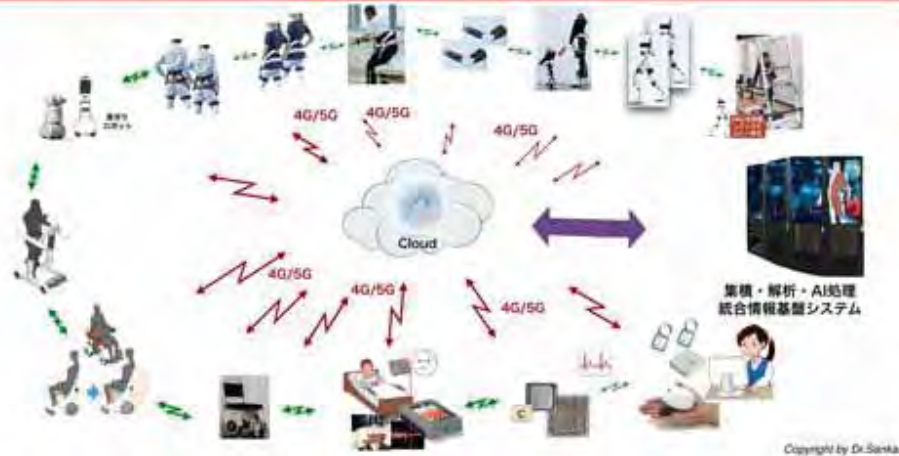


高分解能・超低ノイズ・低消費電力（世界最小の消費電力）  
サイバニック生体電位信号検出インターフェース（半導体モジュール）

皮下埋め込みも想定！



各種サイバニックシステム：「人」+「サイバー・フィジカル空間」を操る『サイバニクス』  
重介護ゼロ社会、Society5.0/5.1に向けて、IoT/ビッグデータの集積・解析・AI処理等が実現されていく  
→『サイバニクス産業』始動



各種サイバニックシステム：「人」+「サイバー・フィジカル空間」を操る『サイバニクス』  
重介護ゼロ社会、Society5.0/5.1に向けて、IoT/ビッグデータの集積・解析・AI処理等が実現されていく  
→『サイバニクス産業』始動









ImPACT期間後も継続

G20 デジタル経済・貿易 担当大臣 @サイバーダイン, 8-9th, June, 2019  
— ロボット産業、IT産業につづく新産業「サイバニクス産業」の推進 —

**CYBERNICS DIGITAL INDUSTRY**  
= 『人』 + 『サイバー空間』 + 『フィジカル空間』の融合



英国の大臣の調整で、他の関係大臣、および、NHS、NICEとロンドンで打ち合わせ

ImPACT期間後の状況

サイバニクス産業：『人』 + 『サイバー・フィジカル空間』が融合している産業分野。  
人とテクノロジーがともに支え合うテクノピア・サポートが日常化する「Society5.0/5.1」を実現。  
人・ロボット・情報系が融合し、IoT/IoT（ヒトとモノのインターネット）、ロボット、AI等によるサイバニクス技術で、医療、福祉、生活・職場、生産を繋ぎ、社会が直面する課題解決を実現する産業。



ロボット、IT産業に続く新産業「サイバニクス産業」の創出へ

日本の先進医療の世界的な普及に向けた環境整備  
国際標準ロボットの安全性に関する国際標準が発行

ImPACT期間後の状況

令和元年 紫綬褒章：サイバニクス分野(人間医工学研究)の学術分野



全体戦略上の各種役割

山海 喜之

- ・内閣府 ImPACTプログラムマネージャー（重介護ゼロ社会の実現）
- ・筑波大学システム情報学専攻・サイバニクス研究センター 副所長
- ・CYBERDYNE株式会社 代表取締役社長

関連する活動等：

- ・文科省GCOEの拠点リーダー、内閣府FIRSTプログラム中心研究者、内閣府ImPACTプログラムPMを歴任
- ・世界経済フォーラム（ダボス会議）のGlobal Agenda Council Member、Global Future Council Member（現在）で、科学技術の方向性を決めるための議題作り
- ・国際知財戦略推進委員会活動（ロボット分野委員長）（Industry4.0、IICの調査と、我が国が取るべき戦略について）
- ・国際標準化機構（ISO）のエキスパートメンバーとして、医療・福祉・生活分野におけるロボット（人工知能型、装着型、自律型、サイボーグ型など）の国際規格策定に向けた活動
- ・ロボット革命実現会議のイニシアティブの評議員・幹事
- ・世界経済フォーラム 第4次産業革命センター Center Partner（Precision/Personalized Medicine）→ 要介護者・患者・健常者への個別化医療福祉
- ・文科省地域イノベ：つくばイノベーション・エコシステムの事業プロデューサー



## ImPACT制度に対する良かった点や改善点などの提言（教訓）

### <良かった点>

- ・PMの育成にとって有用：目的を達成しさらなる挑戦へと起取りするPMにとっては、PMの能力向上やPM人材育成の観点から、非常に素晴らしいプログラムであった。
- ・社会課題解決型のプログラムとして有用：ImPACTは社会課題を解決するための研究開発と社会実装を推進するプログラムであり、次に続く未来開拓型研究開発プログラムのモデルとなり得る。また、「革新」をKeywordとして、イノベーション推進、社会実装、社会変革・産業変革を実現しようとする取り組みとなっており、ワクワクするような挑戦を続け続けることができた。FIRSTに続き、ImPACTでは、社会課題を解決するという極めて重要な科学技術への取り組みを推進させたプログラムとして高く評価できる。
- ・プログラム期間中の機関選定や配分変更が柔軟：機関選定や中断等の意思決定を柔軟に行うことができた。

### <改善点などの提言（教訓）>

- ・よりスピーディな対応を可能とする仕組みへ：期間・時間が限定されており、定額資金での決定プロセスではインターバルが長い。PMがマネージする研究開発がスピーディに推進できるよう待機時間を最小限にするよう一工夫することを期待。
- ・組織のノウハウが継承されていく仕組みへ：参事官や有識者議員の交代があっても、組織のノウハウが円滑に継承されるよう一工夫することを期待。

### <今後に向けた提言>

育成されたPMをフル活用する：FIRST、ImPACTなどで育成されたPM人材を、我が国の科学技術推進・社会変革・産業変革を担う人材資源としてフル活用する。現状のような公募型方式のみでは、公募される研究開発プログラムごとにPMが選ばれるため、せっかく育成されたPM人材を捨ててしまうことになる。また、展開された世界トップクラスの研究開発分野も継続強化されないため平坦化されていくことになる。PM輸の人材パーツとして類似分野のプログラム推進を依頼するなどして選定する方式も良いのではないか。